



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 183 882⁽¹³⁾ C2
(51) МПК⁷ H 01 L 21/26

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2000122445/28, 28.01.1999
(24) Дата начала действия патента: 28.01.1999
(30) Приоритет: 28.01.1998 NO 19980385
02.06.1998 NO 19982518
(46) Дата публикации: 20.06.2002
(56) Ссылки: US 5677041 A, 14.10.1997. US 5043251
A, 27.08.1991. EP 0478368 A1, 01.04.1992. RU
2107973 C1, 27.03.1998. SU 1826815 A1,
27.03.1995. SU 1795821 A1, 10.10.1995.
(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную
фазу: 28.08.2000
(86) Заявка РСТ:
NO 99/00023 (28.01.1999)
(87) Публикация РСТ:
WO 99/45582 (10.09.1999)
(98) Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. Г.Б.Егоровой

(71) Заявитель:
ТИН ФИЛМ ЭЛЕКТРОНИКС АСА (NO)
(72) Изобретатель: НОРДАЛЬ Пер-Эрик (NO),
ЛЕЙСТАД Гейрр И. (NO), ГУДЕСЕН Ханс Гуде
(BE)
(73) Патентообладатель:
ТИН ФИЛМ ЭЛЕКТРОНИКС АСА (NO)
(74) Патентный поверенный:
Егорова Галина Борисовна

(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ИЛИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРЕХМЕРНЫХ СТРУКТУР И СПОСОБЫ УНИЧТОЖЕНИЯ ЭТИХ СТРУКТУР

(57)
Использование: технология микроэлектронных приборов. Технический результат заключается в создании дешевого гибкого крупномасштабного производства электрических соединений в тонкопленочных структурах. Сущность: в матрице, содержащей два или более материалов в пространственно отдельных структурах материалов, каждая структура материала облучается излучением с заданной интенсивностью и/или частотной характеристикой, адаптированным к реакции материала на излучение, причем излучение пространственно модулируется согласно определенному протоколу, который

представляет заранее определенную конфигурацию электропроводящих или полупроводниковых структур в конкретной структуре материала, и в ответ на облучение в структуре материала создаются двумерные электропроводящие или полупроводниковые структуры с предварительно определенной конфигурацией, посредством чего формируется матрица, состоящая из структур материалов с электропроводящими или полупроводниковыми трехмерными структурами. Также предложены способы уничтожения электропроводящих или полупроводниковых структур приведенного выше типа. 5 с. и 32 з.п.ф-лы, 14 ил.



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 183 882⁽¹³⁾ C2

(51) Int. Cl.⁷ H 01 L 21/26

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2000122445/28, 28.01.1999

(24) Effective date for property rights: 28.01.1999

(30) Priority: 28.01.1998 NO 19980385
02.06.1998 NO 19982518

(46) Date of publication: 20.06.2002

(85) Commencement of national phase: 28.08.2000

(86) PCT application:
NO 99/00023 (28.01.1999)

(87) PCT publication:
WO 99/45582 (10.09.1999)

(98) Mail address:
129010, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i
Partnery", pat.pov. G.B.Egorovoj

(71) Applicant:
TIN FILM EhLEKTRONIKS ASA (NO)

(72) Inventor: NORDAL' Per-Ehrik (NO),
LEJSTAD Gejrr I. (NO), GUDESEN Khans Gude
(BE)

(73) Proprietor:
TIN FILM EhLEKTRONIKS ASA (NO)

(74) Representative:
Egorova Galina Borisovna

(54) METHOD FOR PRODUCING THREE-DIMENSIONAL ELECTRICITY CONDUCTING OR SEMICONDUCTING STRUCTURES AND METHODS FOR DESTROYING THEM

(57) Abstract:

FIELD: microelectronic devices.
SUBSTANCE: each material structure incorporated in matrix having two or more materials in spatially separated structures is irradiated with rays of preset strength and/or frequency response adapted to material response to radiation; rays are spatially modulated according to definite protocol presenting predetermined configuration of electricity conducting or semiconducting structures in particular material structure and two-dimensional

conducting or semiconducting structures of predetermined configuration are produced in material structure in response to radiation to form matrix of material structures with three-dimensional conducting or semiconducting structures. Methods for destroying electricity conducting or semiconducting structures of above-mentioned type are also proposed. EFFECT: reduced cost of large-scale production of electrical junctions in thin-film structures. 37 cl, 20 dwg, 9 ex

RU 2 183 882 C2

RU 2 183 882 C2

Изобретение относится к способу комбинации электропроводящих и полупроводниковых трехмерных структур в составной матрице, содержащей два или более материалов, обеспеченных в пространственно отдельных и однородных структурах материалов, в которых материалы в ответ на подачу энергии могут подвергаться определенным физическим и/или химическим изменениям состояния, которые вызывают переход от электрически непроводящего состояния к электрически проводящему и/или полупроводниковому состоянию или наоборот, или изменение в режиме электрической проводимости материала, причем каждая структура материала выполнена в форме тонких слоев путем объединения двух или более слоев в слоистую многослойную структуру, которая образует составную матрицу с комбинацией электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур, при этом многослойная структура создается путем последовательного осаждения двух или более слоев в конфигурацию стопки на несущей подложке. Изобретение относится также к способу формирования комбинации электропроводящих и полупроводниковых трехмерных структур в составной матрице, содержащей два или более материалов, обеспеченных в пространственно отдельных и однородных структурах материалов, причем материалы в ответ на подачу энергии могут подвергаться определенным физическим и/или химическим изменениям состояния, которые вызывают переход от электрически непроводящего состояния к электрически проводящему и/или полупроводниковому состоянию или наоборот, или изменение в режиме электрической проводимости материала, при этом каждая структура материала выполнена в форме тонких слоев путем объединения двух или более слоев в слоистую многослойную структуру, которая образует составную матрицу с комбинацией электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур, причем многослойная структура создается путем наложения двух или более самоподдерживающихся слоев в конфигурацию стопки. Кроме того, изобретение относится к способу формирования комбинации электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур в составной матрице, содержащей два или более материалов, обеспеченных в пространственно отдельных и однородных структурах материалов, причем материалы в ответ на подачу энергии могут подвергаться определенным физическим и/или химическим изменениям состояния, которые вызывают переход от электрически непроводящего состояния к электрически проводящему и/или полупроводниковому состоянию или наоборот, или изменение в режиме электрической проводимости материала, при этом структуры материалов выполнены в форме тонких слоев путем объединения двух или более слоев в слоистую многослойную структуру, которая образует составную матрицу с комбинацией электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур, причем многослойная структура создается путем последовательного

осаждения двух или более слоев в конфигурацию стопки на несущей подложке, или путем наложения двух или более самоподдерживающихся слоев в конфигурацию стопки. Изобретение также относится к способу уничтожения комбинации электрически проводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур, сформированных в составной матрице, содержащей два или более материалов, обеспеченных в пространственно отдельных и однородных структурах материалов, причем материалы в ответ на подачу энергии могут подвергнуться определенным физическим и/или химическим изменениям состояния, которые вызывают переход от электрически непроводящего состояния к электрически проводящему и/или полупроводниковому состоянию или наоборот, или изменение в режиме электрической проводимости материала, при этом каждая структура материала содержит сформированную конфигурацию, по существу, двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур, представленных определенным протоколом, причем комбинация электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур может быть создана заново в матрице после уничтожения структуры, сформированной с использованием способа, заявленного в любом из пунктов формулы изобретения 13-27, и согласно другому определенному протоколу для двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур в каждой структуре материалов. Изобретение также относится к способу полного уничтожения комбинации электрически проводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур, сформированных в составной матрице, содержащей два или более материалов, обеспеченных в пространственно отдельных и однородных структурах материалов, причем материалы в ответ на подачу энергии могут подвергаться физическим и/или химическим изменениям состояния, которые вызывают переход от электрически непроводящего состояния к электрически проводящему и/или полупроводниковому состоянию или наоборот, или изменение в режиме электрической проводимости материала, при этом комбинация электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур может быть создана заново в матрице после уничтожения структуры, сформированной с использованием способа, заявленного в любом из пунктов формулы изобретения 13-27, и согласно другому определенному протоколу для двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур в каждой структуре материалов.

Более конкретно настоящее изобретение относится к производству двумерных и трехмерных изолирующих, резистивных, проводящих и/или полупроводниковых конфигураций и структур для использования в электронных схемах, которые чаще всего состоят из одного или нескольких наложенных слоев тонких пленок.

Развитие микроэлектронной технологии показывает устойчивую тенденцию к уменьшению размеров и снижению стоимости приборов. Вполне обоснованные прогнозы

показывают, что характеристики будут улучшаться, в то время как цена блока или устройства будет снижаться. Однако нынешняя микроэлектронная технология основана, по существу, на кристаллическом кремнии и проявляет все возрастающую тенденцию к уменьшению отдачи, в основном ввиду ограничений, связанных со сложностью литографии сверхвысокого разрешения и возрастающими требованиями к обработке материалов. Экстраполяция существующих технологий, основанных на кристаллическом кремнии, не может предвещать резких прорывов в отношении как характеристик, так и цены, и будущие усовершенствования потребуют весьма капиталоемких производственных предприятий и производственного оборудования.

С другой стороны, с высокой вероятностью можно предполагать, что микроэлектроника, основанная на технологии тонких пленок, наверняка может быть использована для создания в ближайшем будущем продуктов, представляющих собой действительный прорыв как в отношении характеристик, так и цены. Переход от кристаллических неорганических полупроводников к микрокристаллическим, поликристаллическим или аморфным неорганическим или органическим полупроводникам вводит полностью новые граничные условия микроэлектронной технологии, в частности, вследствие возможности использования заготовок, имеющих коэффициенты формы, соответствующие большим площадям, т.е. подложки могут представлять собой большие пластины вместо пластинок, вырезанных из заготовок ограниченного размера, и большую гибкость в отношении архитектуры, что может стать существенным фактором в ожидаемом развитии современной электронной технологии. В настоящем изобретении особый акцент будет сделан на использовании органических материалов, благодаря простоте их обработки ввиду использования больших площадей и многослойных заготовок с точно контролируемой толщиной, а также благодаря их большому потенциалу для создания химическим способом материалов с желаемыми свойствами.

В частности, прежде чем использование электроники, основанной на аморфных материалах, сможет реализовать ожидаемый от нее потенциал, требуются дополнительные усовершенствования в определенных областях. В последние годы были предприняты усилия для улучшения полупроводниковых свойств органических полупроводниковых тонкопленочных материалов, которые дали существенное и быстрое улучшение характеристики транзистора до той степени, при которой транзисторы на органической основе могут конкурировать с транзисторами на основе аморфного кремния (см., например, Y.-Y. Lin, D.J. Gundlach, S.F. Nelson, T.N. Jackson, "Pentacene-based Organic Thin Film Transistors", IEEE Transactions on Electron Devices, August 1997). Другие разработки направлены на создание методов нанесения тонкопленочных покрытий в целях создания полупроводников из органического вещества или аморфного кремния при низких

температурах, обладающих совместимостью с широким диапазоном органических и неорганических материалов подложки. Это привело к разработкам очень дешевых электронных приборов с большими площадями на основе использования методов крупномасштабного производства.

Несмотря на такое развитие технологии, по-прежнему отсутствует удовлетворительное решение, которое позволило бы приспособить технологию производства для обеспечения дешевого гибкого крупномасштабного производства электрических соединений в тонкопленочных структурах, образующих электронные схемы. В настоящее время тонкопленочные приборы основаны на аморфном кремнии и выполняются с токопроводящими дорожками и проводниками, изготовленными по шаблону традиционными способами, такими как литография и вакуумная металлизация. Последний способ ранее применялся также к схемам для полупроводниковых тонкопленочных приборов на органической основе (см. например, A.R. Brown et al. "Logic gates made from polymer transistors and their use of ring oscillators". Science 270: 972-974 (1995)). Альтернативно использовалась трафаретная печать с проводящей краской для изготовления транзисторов на гибких полимерных подложках (см., например, F. Gamier et al., "All-polymer field-effect transistor realized by printing techniques". Science 265: 1884-1886 (1994)). Хотя литография может обеспечить высокую разрешающую способность, она сравнительно сложна и обычно включает этапы жидкостной химической обработки, которые нежелательны в широкомасштабном производстве многослойных органических тонкопленочных структур. Трафаретная печать с краской также далека от идеальной, поскольку она обеспечивает разрешающую способность от малой до умеренной, со всеми недостатками, присущими жидкостной химической обработке.

В качестве примера известного способа может быть также упомянут патент США 5043251, в котором описан способ трехмерной литографии аморфных полимеров для создания кратковременной постоянной конфигурации в полимерном материале, включающий этапы обеспечения легированных некристаллических слоев или пленок полимера в устойчивом аморфном состоянии в условиях использования ручных операций. При производстве структур пленка маскируется оптически и подвергается облучению через маску с достаточной интенсивностью, чтобы вызвать абляцию экспонированных участков, так что в пленке формируется отчетливый трехмерный отпечаток. Этот способ, в числе прочего, был предложен для использования в производстве оптического диска для хранения данных. Из патента США 5378916 известно фоточувствительное устройство в форме монокристаллической структуры, в которой разные части структуры могут иметь разный состав. В частности, эта структура образует двумерный массив, и первый фоточувствительный участок содержит материал, который создает электронно-дырочные пары под воздействием

света в пределах предварительно определенного первого диапазона длин волн, в то время как другой фоточувствительный участок содержит материал, обеспечивающий создание электронно-дырочных пар под воздействием света в другом диапазоне длин волн, в достаточной степени отличающемся от первого диапазона длин волн. Кроме того, из патента США 5677041 известно транзисторное устройство, изготовленное путем формирования легированного слоя чувствительного к излучению материала на подложке. Чувствительным к излучению материалом может быть, в числе прочих, полиимид, полимер, органический диэлектрик, проводник или полупроводник. Подложка может быть выполнена из кремния, кварца, арсенида галлия, стекла, керамики, металла или полиамида. Нейтральный или нелегированный слой другого чувствительного к излучению материала формируется на легированном слое. Первая и вторая области истока/стока затем формируются в нейтральном слое и расширяются к верхней части легированного слоя. Область затвора формируется в верхней части нейтрального слоя между первой областью истока/стока и второй областью истока/стока, так что область канала в легированном слое обеспечивается под областью затвора. Электроды истока/стока и затвора, сформированные путем облучения самого верхнего нейтрального слоя через маску, формируются в соответствии с желаемой формой электрода, и маска реализуется так, что она модулирует по интенсивности излучение. Кроме того, маска может быть реализована как фазосдвигающая маска.

Известен полевой МПД-транзистор (полевой транзистор со структурой металл-диэлектрик-полупроводник), полностью реализованный в полимере и с использованием полимерных материалов, которым приданы желаемые электрические свойства путем воздействия ультрафиолетового (УФ) облучения (см. "Polymeric integrated circuits and light-emitting diodes" D.M. de Leeuw & al., IEDM, стр. 331-336 (1997)). В производстве используется фотохимическое структурирование легированных электропроводящих полианилиновых пленок, так называемых PANI тонких пленок. Пленки растворяются в соответствующем растворе, после чего к раствору добавляется фотоинициатор, который был осажден на соответствующую подложку, такую как полиимидная пленка. Путем последующего глубокого облучения PANI пленки УФ лучами через маску первоначально проводящий полианилин преобразуется в облученных областях в непроводящую лейкоэмеральдиновую форму. Исходной точкой здесь соответственно является проводящий полимерный материал, который имеет поверхностное сопротивление первоначально 1 кОм/квадрат, но после облучения его поверхностное сопротивление становится более чем 10^{13} Ом/квадрат. Таким образом могут быть созданы диэлектрические структуры в матрицах, являющихся в иных условиях проводящими. Фиг.1 показывает МПД-транзистор, описанный в работе Leeuw & al., содержащий полиимидную

подложку 1 с PANI тонкой пленкой, которая после облучения УФ излучением через подходящие маски образует изоляционные структуры 6 в тонкопленочном материале 3, который в противном случае является проводящим. Остающиеся проводящие области 3 в PANI пленке определяют соответственно электроды истока и стока полевого МПД-транзистора. Поверх PANI пленки осаждается дополнительный слой 4 в форме тонкой пленки из поливинилпирролидона (PTV), который является органическим полупроводниковым материалом. Этот слой 4, по существу, определяет электрические параметры полевого МПД-транзистора. Пленка 5 из поливинилфенола (PVP), которая формирует изолятор затвора транзистора и непроницаема для УФ излучения и видимого света, осаждается на PTV пленку 4. Другая PANI пленка снова осаждается поверх PTV пленки 5 и подвергается облучению УФ лучами через шаблон для формирования изолирующих структур 6. Оставшаяся электрически проводящая область 2 образует электрод затвора структуры полевого МПД-транзистора.

Если несколько транзисторов вышеупомянутого типа должны быть объединены в интегральных схемах, выполненных в форме многослойных пленочных структур, должны использоваться вертикальные токопроводящие дорожки, например, между электродами истока и стока в одном транзисторе и электродом затвора в другом транзисторе. Такие вертикальные токопроводящие дорожки могут быть в принципе реализованы механически, например, путем осаждения металлической пленки поверх вертикально вытравленных ступенек в структуре. Другое подобное решение состоит в использовании металлизированных сквозных отверстий в схемных платах для реализации вертикального соединения между токопроводящими дорожками на верхней и нижней стороне схемной платы.

Задачей настоящего изобретения является создание способов изготовления проводящих соединений и электродов в микроэлектронных компонентах, в частности в микроэлектронных приборах с большими поверхностями на гибких подложках, с использованием процессов, которые характеризуются широкомасштабным производством при низкой стоимости. В частности, задачей изобретения является создание таких способов изготовления многослойных физических приборов, например, в форме большого количества соседних наложенных один на другой тонкопленочных слоев, образующих трехмерные структуры схемы. Настоящее изобретение, таким образом, обеспечивает гибкость и экономичность, и в то же время простоту и высокую точность производства таких устройств, как плоский дисплей, логические схемы, устройства памяти и т.п.

Также задачей настоящего изобретения является создание способа уничтожения таких трехмерных схемных структур, чтобы материал в структурах преобразовывался обратно в начальное исходное состояние, после чего он заново может быть реконфигурирован в форму

электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур, но, например, с другой конфигурацией или другой структурой, отличной от первоначальной.

Вышеупомянутые признаки и преимущества согласно первому аспекту настоящего изобретения реализованы с помощью способа, отличающегося созданием комбинации двумерных электропроводящих и полупроводниковых структур в слое сразу же после осаждения слоя на подложке или соседнем слое и до осаждения следующего слоя на первом упомянутом слое, путем облучения каждого слоя излучением с заданной интенсивностью или частотной характеристикой, адаптированными к определенной реакции материала на энергию, обеспечиваемую облучением, пространственной модуляцией излучения в каждом случае согласно определенному протоколу, который представляет заранее определенную конфигурацию электропроводящих и полупроводниковых структур в рассматриваемом слое, посредством чего в соответствии с энергией, обеспечиваемой излучением, в слое создается комбинация двумерных электропроводящих и полупроводниковых структур с конфигурацией, заранее определенной протоколом, так что создается составная матрица, сформированная отдельными соседними слоями с комбинацией двумерных электропроводящих и полупроводниковых структур, с получением комбинации электропроводящих и полупроводниковых трехмерных структур.

Согласно первому аспекту изобретения электромагнитное излучение, используемое для облучения преимущественно выбирается из одного или более из спектральных диапазонов гамма-лучей, рентгеновских лучей, ультрафиолетового излучения, видимого света, инфракрасного излучения и микроволн, или излучение элементарных частиц для облучения выбирается из одного или более из следующих типов частиц, а именно элементарных частиц, включая протоны, нейтроны или электроны; ионы, молекулы или агрегатные частицы материала.

Согласно первому аспекту изобретения пространственная модуляция излучения преимущественно осуществляется в плоскости, по существу, параллельной слою, посредством маски, шаблон которой выполнен согласно определенному протоколу, причем маска модулирует интенсивность и/или фазу излучения, падающего на нее, для создания комбинации электропроводящих и полупроводниковых структур в слое, или пространственно модулирует излучение в плоскости, по существу, параллельной слою, путем концентрации излучения в луч с размерами, сравнимыми с размерами электропроводящих и полупроводниковых структур, и сканирует слой лучом, который модулируется по интенсивности согласно определенному протоколу для создания комбинации двумерных электропроводящих и полупроводниковых структур в слое.

Согласно первому аспекту настоящего изобретения одна или более двумерных электропроводящих и полупроводниковых структур в слое преимущественно

формируются так, чтобы упомянутая структура или структуры согласно протоколу совпадали с одной или более двумерными электропроводящими и/или полупроводниковыми структурами, созданными в соседнем, уже осажденном слое, посредством чего создают один или более вертикальные электропроводящие и/или полупроводниковые каналы, проходящие в поперечном направлении через эти слои.

Вышеупомянутые признаки и преимущества согласно второму аспекту настоящего изобретения реализованы с помощью способа, отличающегося формированием комбинации двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур в слое до того, как этот слой наложен на соседний слой, облучением каждого слоя излучением с данной интенсивностью или частотной характеристикой, адаптированными к определенной реакции материала на энергию, обеспечиваемую облучением, пространственной модуляцией излучения в каждом случае согласно определенному протоколу, который представляет предварительно определенную конфигурацию электропроводящих и/или полупроводниковых структур в этом слое, посредством чего в соответствии с энергией, обеспечиваемой излучением, в слое формируется комбинация двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур с конфигурацией, предварительно определенной протоколом, в результате чего формируется составная матрица, сформированная сложением вместе отдельных слоев с двумерными электропроводящими и/или полупроводниковыми структурами, с комбинацией электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур.

Согласно второму аспекту изобретения электромагнитное излучение, используемое для облучения, предпочтительно выбирается из одного или более из спектральных диапазонов гамма-лучей, рентгеновских лучей, ультрафиолетового излучения, видимого света, инфракрасного излучения и микроволн, или излучение частиц для облучения выбирается из одного или более из следующих типов частиц, а именно элементарных частиц, включая протоны, нейтроны или электроны; ионы, молекулы или агрегатные частицы материала.

Согласно второму аспекту изобретения пространственную модуляцию излучения преимущественно осуществляют в плоскости, по существу, параллельной слою, посредством маски, шаблон которой выполнен в соответствии с определенным протоколом, причем маска модулирует интенсивность и/или фазу падающего на нее излучения для создания комбинации электропроводящих и/или полупроводниковых структур в слое, или пространственно модулирует излучение в плоскости, по существу, параллельной слою, путем концентрации излучения в луч с размерами, сравнимыми с размерами электропроводящих и/или полупроводниковых структур, и сканирует слой лучом, который модулируется по

интенсивности согласно определенному протоколу для создания комбинации двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур в слое.

Согласно второму аспекту изобретения позиционирование слоя при наложении на соседний слой преимущественно осуществляют так, чтобы одна или более двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур в первом упомянутом слое согласно протоколу совпадали с одной или более двумерными электропроводящими и/или полупроводниковыми структурами в соседних слоях, в результате чего формируются один или более вертикальные электропроводящие и/или полупроводниковые каналы в поперечном направлении через эти слои.

Наконец, вышеупомянутые признаки и преимущества согласно третьему аспекту настоящего изобретения реализованы с помощью способа, отличающегося созданием комбинации двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур в слое после осаждения всех слоев в конфигурацию стопки на подложке или после наложения всех слоев в конфигурацию стопки, путем облучения одного или более, но не всех слоев в конфигурации стопки избирательно, чтобы создать электропроводящие и/или полупроводниковые структуры в рассматриваемом выбранном слое или слоях, не вызывая реакции в остальных слоях, причем каждый слой облучается излучением с заданной интенсивностью или частотной характеристикой, адаптированными к определенной реакции материала на энергию, обеспечиваемую облучением, и излучение пространственно модулируется в каждом случае согласно определенному протоколу, который представляет предварительно определенную конфигурацию электропроводящих и/или полупроводниковых структур в рассматриваемом слое, посредством чего в соответствии с энергией, обеспечиваемой излучением, в слое создаются двумерные электропроводящие и/или полупроводниковые структуры с конфигурацией, определенной протоколом, в результате чего создается составная матрица, сформированная набором отдельных соседних слоев с двумерными электропроводящими и/или полупроводниковыми структурами, образованная электропроводящими и/или полупроводниковыми трехмерными структурами.

Согласно третьему аспекту изобретения электромагнитное излучение, используемое для облучения, предпочтительно выбирается из одного или более из спектральных диапазонов гамма-лучей, рентгеновских лучей, ультрафиолетового излучения, видимого света, инфракрасного излучения и микроволн, или излучение частиц для облучения выбирается из одного или более из следующих типов частиц, а именно элементарных частиц, включая протоны, нейтроны или электроны; ионы, молекулы или агрегатные частицы материала.

Согласно третьему аспекту изобретения пространственная модуляция излучения преимущественно осуществляется в плоскости, по существу, параллельной слою,

посредством маски, шаблон которой выполнен согласно определенному протоколу, причем маска модулирует интенсивность и/или фазу падающего на нее излучения для создания комбинации электропроводящих и/или полупроводниковых структур в слое, или пространственно модулирует излучение в плоскости, по существу, параллельной слою, путем концентрации излучения в луч с размерами, сравнимыми с размерами электропроводящих и/или полупроводниковых структур, и сканирует слой лучом, который модулируется по интенсивности согласно определенному протоколу, для создания комбинации двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур в слое.

Согласно третьему аспекту изобретения выбор одного или более слоев для создания электропроводящих и/или полупроводниковых структур предпочтительно осуществляется путем облучения выбранного слоя или слоев излучением с определенными характеристиками излучения или заданной мощностью, причем выбранный слой или слои формируют из материалов, которые реагируют на одну или более из характеристик излучения, и/или на мощность, или на их комбинацию.

Согласно третьему аспекту настоящего изобретения специфическими характеристиками излучения предпочтительно являются интенсивность и/или частота; один или более слоев для создания электропроводящих и/или полупроводниковых структур предпочтительно выбирают для облучения электромагнитным излучением на двух или более частотах или в двух или более диапазонах длин волн, так чтобы облучение на данной частоте или данном диапазоне длин волн вызывало реакцию в одном или более, но не во всех слоях.

Согласно третьему аспекту изобретения также предпочтительно заранее добавляют одну или более примесей, которые имеют спектральное поглощение на данной частоте или в данном диапазоне длин волн, к материалу в одном или более слоях, чтобы вызвать реакцию на излучение на данной частоте или в данном диапазоне длин волн, посредством чего по меньшей мере два слоя в конфигурации стопки формируются с взаимно разными спектрами поглощения и электропроводящая и/или полупроводниковая структура в слое формируется путем поглощения излучения в примеси или примесях в слое, формируя центры реакции, которые вызывают изменение в электропроводности или режиме проводимости материала слоя, или формируется электропроводящая и/или полупроводниковая структура в слое путем поглощения излучения в примеси или примесях, вызывая нагревание с последующими изменениями в электропроводности или режиме проводимости нагретого материала слоя.

Согласно третьему аспекту изобретения электропроводящие и/или полупроводниковые структуры в двух или более слоях предпочтительно формируются в позициях, где одна или более

электропроводящие и/или полупроводниковые структуры согласно протоколу соответственно формируют один или более вертикальных электропроводящих и/или полупроводниковых каналов в поперечном направлении через слои в конфигурации стопки, а затем предпочтительно формируется согласно протоколу электропроводящая и/или полупроводниковая структура, которая формирует вертикальный канал через слой соответственно электропроводящему и/или полупроводниковому соединению с одной или более двумерными электропроводящими и/или полупроводниковыми структурами в этом слое. Предпочтительно каждый канал формируется с электропроводностью или режимом проводимости, которые постоянны для различных слоев, или с электропроводностью и режимом проводимости, которые изменяются от слоя к слою.

Вышеупомянутые признаки и преимущества реализованы согласно настоящему изобретению в способе уничтожения сформированной структуры, который характеризуется облучением каждой структуры материала излучением заданной интенсивности и/или частотной характеристики, адаптированных к определенной реакции материала на энергию, обеспечиваемую излучением, и пространственной модуляцией излучения в каждом случае согласно протоколу, который представляет формируемую конфигурацию электропроводящих и/или полупроводниковых структур в рассматриваемой структуре материала, посредством чего двумерные электропроводящие и/или полупроводниковые структуры, присутствующие в структурах материала, в соответствии с энергией, обеспечиваемой излучением, уничтожаются согласно протоколу, так что материал структуры материала после этого полностью переходит в электрически непроводящее состояние.

В способе уничтожения электромагнитное излучение, используемое для облучения, предпочтительно выбирается из одного или более из спектральных диапазонов гамма-лучей, рентгеновских лучей, ультрафиолетового излучения, видимого света, инфракрасного излучения и микроволн, или излучение частиц для облучения выбирается из одного или более из следующих частиц, а именно: элементарные частицы, включая протоны, нейтроны или электроны; ионы, молекулы или агрегатные частицы материала.

В способе уничтожения согласно изобретению пространственная модуляция излучения предпочтительно осуществляется в плоскости, по существу, параллельной структуре материала, посредством маски, шаблон которой выполнен согласно определенному протоколу, причем маска модулирует интенсивность и/или фазу падающего на нее излучения для уничтожения электропроводящих и/или полупроводниковых структур в структуре материала, или пространственно модулирует излучение в плоскости, по существу, параллельной структуре материала, путем концентрации излучения в луч с размерами,

сравнимыми с размерами электропроводящих и/или полупроводниковых структур, и сканирует слой лучом, который модулируется по интенсивности согласно определенному протоколу для уничтожения электропроводящих и/или полупроводниковых структур в структуре материала.

Если структуры материалов в матрице формируются тонкими слоями в конфигурацию стопки, то в способе разрушения облучается один или более, но не все слои многослойной конфигурации (стопки), избирательно, для уничтожения электропроводящей и/или полупроводниковой структуры в выбранном рассматриваемом слое или слоях, не вызывая реакции в остальных слоях, и предпочтительно выбирается один или более слоев для уничтожения электропроводящей и/или полупроводниковой структуры путем облучения выбранного слоя или слоев излучением с определенными характеристиками или заданной мощностью, причем выбранный слой или выбранные слои сформированы из материала, который реагирует на одну или более из характеристик излучения и/или на мощность, или на их комбинацию.

Наконец вышеупомянутые особенности и преимущества согласно настоящему изобретению также реализованы способом полного уничтожения, который характеризуется облучением матрицы полностью излучением с заданной интенсивностью и/или частотной характеристикой, соответствующими определенной реакции материала на энергию, обеспечиваемую излучением до тех пор, пока материал в матрице в соответствии с энергией, обеспечиваемой облучением, полностью не перейдет в электрически непроводящее состояние.

Согласно изобретению в этой связи электромагнитное излучение, используемое для облучения, предпочтительно выбирают из одного или более из спектральных диапазонов гамма-лучей, рентгеновских лучей, ультрафиолетового излучения, видимого света, инфракрасного излучения и микроволн, или излучение частиц для облучения выбирается из одного или более из следующих типов частиц, а именно элементарные частицы, включая протоны, нейтроны или электроны; ионы, молекулы или агрегатные частицы материала.

Изобретение поясняется ниже более подробно в связи с обзором его основных принципов и с использованием примеров осуществления, иллюстрируемых чертежами, на которых представлено следующее:

фиг. 1 - полевой МПД-транзистор с электродами, сформированный из фотопреобразуемого материала согласно предшествующему уровню техники,

фиг. 2a, b, c - схематическая иллюстрация этапов способа формирования, соответствующего настоящему изобретению, фиг. 3 - схематичное представление объединения самоподдерживающихся слоев в многослойную структуру,

фиг. 4a - схематичное представление другого варианта осуществления способа формирования согласно изобретению,

фиг. 4b - схематичное представление

спектральных реакций фотопреобразуемых материалов, используемых в варианте по фиг.4а,

фиг.5 - сечение слоистой многослойной структуры, которая содержит проводящие или полупроводниковые структуры, сформированные способом согласно настоящему изобретению,

фиг.6 - сечение структуры диода, сформированной способом согласно настоящему изобретению,

фиг. 7 - сечение структуры полевого МОП транзистора, сформированной способом согласно настоящему изобретению,

фиг.8 - сечение структуры логического инвертора на основе структуры полевого МОП транзистора по фиг.7 и сформированной способом согласно настоящему изобретению,

фиг. 9 - эквивалентная схема логической схемы И, реализованной по КМОП технологии,

фиг. 10a-d - вид сверху субслоев в структуре логической схемы И, созданной способом согласно изобретению и согласно эквивалентной схеме по фиг.8, с использованием структур полевого МОП транзистора, как показанный на фиг.7,

фиг.11 - структура логической схемы И по фиг.10 в виде сложенной многослойной конфигурации, но разделенной на субслои,

фиг.12 - схематичное представление другого варианта структуры логической схемы И по фиг.10 и с отдельными КМОП структурами, взаимно соединенными в вертикальной конфигурации,

фиг. 13 - схематичное представление линии изготовления многослойных схем на подложке с использованием способа формирования согласно настоящему изобретению, и

фиг. 14 - схематичное представление спектральных откликов фотопреобразуемых материалов, используемых в варианте по фиг.13.

Ниже описаны основные принципы способов согласно настоящему изобретению, посредством которых создаются трехмерные структуры с хорошо определенным режимом и степенью электропроводности путем пространственно управляемого структурирования на месте в преобразуемых материалах, имеющих такие свойства, что их электронные свойства преобразуются обратимым или необратимым образом, под воздействием излучения, нагрева или электрических полей. Способы формирования таких структур согласно настоящему изобретению основаны на использовании облучения, либо электромагнитным излучением, либо излучением частиц, и на практике это означает, что когда преобразование происходит благодаря тепловым эффектам, используется тепло, которое возникает в материале под воздействием облучения. Сначала трехмерные электропроводящие или полупроводниковые структуры могут быть созданы в виде двумерных структур этого вида путем непосредственного локального воздействия излучения на одиночный слой, и затем трехмерная структура формируется путем объединения одиночных слоев в многослойную структуру. Косвенно электропроводящие или полупроводниковые структуры могут быть созданы путем добавок,

которые, будучи стимулируемыми облучением, воздействуют на преобразуемый материал так, что его электронные свойства изменяются. В случае однородных преобразуемых материалов воздействие излучения должно быть пространственно определено в соответствующей трехмерной конфигурации. Хотя данное изобретение в принципе предусматривает использование однородных материалов, последующее объяснение способа будет направлено на многослойные структуры или слоистые структуры, где трехмерная конфигурация электропроводящих или полупроводниковых структур реализуется благодаря различной реакции на действие излучения в двух или более слоях преобразуемого материала, который формирует набор. Преобразуемый материал в принципе является органическим материалом, например молекулой, олигомером или полимером, в котором переход фазы из начального первого состояния в новое второе состояние происходит в ответ на облучение, например, светом в данной полосе длин волн. Как показано ниже, предполагается, что самое важное изменение, происходящее при переходе из первого во второе состояние, есть степень электрической проводимости. В последующем способы формирования и уничтожения электропроводящих или полупроводниковых структур будут рассмотрены на примере с использованием пространственно управляемого облучения слоистых или слоеподобных преобразуемых облучением материалов (ПОМ).

Для полимеров, таких как полианилин, как показано в вышеупомянутой статье Leeuw et al., наблюдается отношение проводимостей между двумя состояниями порядка 10^{10} . В этом случае речь идет о преобразовании на месте одного слоя преобразуемого облучением материала из проводящего в непроводящее состояние для формирования электрических соединений в одной электронной схеме. Электропроводящие соединения в легированных полианилиновых пленках (PANI пленках) определяются воздействием глубокого УФ излучения через маску шаблона.

Многослойная стопка различных преобразуемых облучением материалов может быть реализована на подложке, которая может быть гибкой или жесткой, проводящей или непроводящей, и преобразуемый излучением материал становится проводящим, полупроводящим или изолирующим в желаемых конфигурациях за счет использования одной из следующих процедур, а именно либо облучения по шаблону нескольких из однослойных преобразуемых облучением материалов с последующей или одновременной комбинацией слоев в многослойный набор, либо использования облучения по шаблону предварительно сформированного многослойного набора преобразуемых облучением материалов (ПОМ), причем разные типы облучения с разными характеристиками излучения используются так, что излучение избирательно взаимодействует с одним или более слоями в наборе. Многослойные стопки преобразуемого облучением материала представляют особый интерес в связи с

многослойными тонкопленочными схемами, где требуется создавать электропроводящие линии, токопроводящие дорожки, соединительные точки или электроды в нескольких слоях так, чтобы проводящие структуры в одном слое имели точно управляемое пространственное положение по отношению к проводящим структурам в слоях, которые расположены выше или ниже. Одним примером являются тонкопленочные полевые транзисторы (ТППТ), где электроды истока и стока в слое должны быть расположены корректным образом относительно электрода затвора, и между ними должны быть расположены изоляционные и полупроводниковые слои. Другой пример - электрические соединения между слоями, где традиционные решения во многих случаях являются неудовлетворительными, например выполнение ряда этапов, таких как формирование открытых каналов или сквозных межсоединений между подходящими точками, которые затем будут электрически соединены в различных слоях, и с соответствующим заполнением или покрытием каналов проводящим материалом, так как это имеет место при использовании сквозных металлизированных отверстий в схемных платах для получения соединений с передней к задней стороне схемной платы. Третий пример, это создание конденсаторов путем определения проводящих областей, которые взаимно выровнены друг относительно друга в двух слоях, разделенных изоляционным слоем. Очевидно, что не только высокопроводящие, но и изоляционные резистивные и полупроводниковые конфигурации в многослойных структурах имеют большое значение. Так как будет объяснено более подробно в последующем, структуры этого типа могут быть созданы путем использования способа формирования электропроводных и/или полупроводниковых структур или конфигураций согласно настоящему изобретению.

Для пояснения вначале будет рассмотрено, каким образом будут определяться конфигурации и трехмерные структуры, являющиеся очень хорошими или очень плохими электрическими проводниками.

Многослойные структуры, такие как описанные здесь, представляют особый интерес, когда они интегрированы с тонкопленочными полупроводниками для формирования полных схем. Стандартные процедуры, используемые в настоящее время для производства микроэлектронных схем, которые используют полупроводниковые свойства обычной кремниевой подложки, автоматически ограничивают реализуемые архитектуры таким видом, который обеспечивает доступ к подложке для всех активных приборов. Если для создания электропроводящих или полупроводниковых трехмерных структур используется способ согласно настоящему изобретению путем наложения друг на друга слоев, то устройства в целом могут быть созданы таким образом без каких-либо существенных ограничений по размерам или сложности, поскольку наращивание происходит путем присоединения к набору дополнительных слоев. Поскольку каждый слой может быть

5 выполнен тонким, например, толщиной порядка 10-100 нм, то получаемая в результате объемная плотность структур схем и, следовательно, характеристика по весу или объему блока, может быть очень высокой. Кроме того, может быть реализована гибридная архитектура с использованием слоев, которые включают преобразуемые облучением электронные структуры, которые сформированы поверх дополнительных электронных схем на основе кремния и функционируют совместно с ними.

10 Основной задачей настоящего изобретения является формирование электропроводящих, полупроводниковых или резистивных трехмерных структур в многослойном материале монолитного формата с использованием различных процедур производства, которые отдельно описаны ниже. Первым этапом является преобразование по шаблону однослойного преобразуемого облучением материала (ПОМ) с последующим объединением слоев в многослойный набор. Многослойные структуры могут быть сформированы в преобразуемых облучением материалах, которые осаждаются и обрабатываются последовательно, как набор слоев тонких пленок SS1, SS2, SS3 на общей подложке 1, как это показано на фиг.2a, b, c. Подложка 1 может быть жесткой или гибкой пластиной с произвольной толщиной, или она может быть непрерывной лентой, используемой в процессе, реализуемом по принципу с катушки на катушку. В случае преобразуемых облучением материалов последовательный процесс реализуется следующим образом. Первый покрывающий слой SS1 накладывается на подложку с последующим пространственно управляемым облучением, которая формирует проводящие структуры 9. Облучение производится через первую маску или пространственный модулятор 7a света (ПМС). В зависимости от предварительно определенных условий процесса облучение вызывает непосредственное преобразование в другое состояние проводимости или создает скрытое изображение, которое будет проявлено в процессе после облучения. Последним этапом процесса может быть воздействие подходящими химическими веществами в жидком или газообразном состоянии, в некоторых случаях стимулируемое глобальным облучением. Примером непосредственного фотопреобразования из проводящего в, по существу, непроводящее состояние без этапа, следующего после облучения, служит глубокое УФ облучение с использованием полианилина, как упоминалось выше со ссылкой на статью Leeuw & al. Примером фотопреобразования из проводящего в, по существу, непроводящее состояние с использованием жидкостной химической обработки является воздействие на антрахинон-2-сульфиновую кислоту (AQSA) - легированный полипиррол - синим или ультрафиолетовым светом с последующей жидкостной обработкой.

60 После обработки первого слоя SS1 второй слой SS2 накладывается поверх первого слоя, например, с помощью напыления, распыления, нанесения жидкости (например, центрифугой или нанесением покрытия способом погружения), нанесением

скребком-лопаткой или путем наложения тонкой пленки на первый слой SS1. Фотопреобразование второго слоя SS2 производится посредством пространственно управляемого облучения и, например, проводящие структуры 9 формируются через маску или ПМС 7b. Если фотопреобразование происходит непосредственно, т.е. воздействие осуществляется посредством только излучения, могут быть приняты меры, чтобы предотвратить активацию нижележащего слоя SS1. Это может, например, выполняться путем включения экранирующего излучения слоя между двумя слоями SS1, SS2, при этом экранирующий излучение слой может быть спектральным фильтром или поглощающей, или отражающей средой, или путем использования покрывающих слоев с различной спектральной фоточувствительностью. Если фотопреобразование использует фотообработку после облучения, могут быть приняты меры, чтобы предотвратить проникновение химических реагентов во второй покрывающий слой SS2, или изменение, или повреждение первого покрывающего слоя SS1. В этом случае такие меры могут включать управление внедрением химических веществ во второй слой с помощью определенного протокола обработки или выбором материалов в первом покрывающем слое, которые не подвергаются воздействию химических средств обработки, используемых на втором покрывающем слое SS2.

После обработки второго слоя SS2 третий слой SS3 наносится поверх второго, по мере необходимости с последующими четвертым, пятым, шестым слоями и т. п. Третий слой SS3 может, например, после преобразования содержать полупроводниковые

структуры 10, сформированные путем облучения через маску или ПМС 7с. Как и ранее, следует обеспечить, чтобы обработка данного слоя не повлияла и не повредила нижележащие слои. Меры, которые могут быть использованы, должны включать те меры, которые упоминались выше в связи с обработкой первых двух покрывающих слоев.

Способ, упомянутый выше в связи с фиг.2а, b, c, может быть также использован для облучения по шаблону самоподдерживающихся единичных пленок или лент из преобразуемого облучением материала с последующей сборкой в многослойную стопку. Реализация способа этого вида особенно пригодна для обработки по принципу с катушки на катушку, как показано схематично на фиг.3. Каждая пленка на фиг.3 показана как три пленки POM₁, POM₂, POM₃ и подвергается фотопреобразованию в желаемой пространственной конфигурации, например посредством масок 7, с последующей сборкой в многослойную структуру, например, путем склеивания вместе или наложением с использованием нагрева. Получается гибкая лента MCC, которая может быть либо сложена, либо намотана целиком, либо разрезана на сегменты. В случае преобразуемого облучением материала этот вариант осуществления способа формирования, соответствующего изобретению, совместим как с жидкостной, так

и с сухой обработкой после облучения. В некоторых случаях, когда требуется высокая точность совпадения между, например, электропроводящей или полупроводниковой структурой в разных слоях, этот вариант способа будет труднее осуществить, чем альтернативные варианты, которые описаны выше со ссылками на фиг.2а, b и c, или описанные ниже со ссылками на фиг.4а, b. На фиг.3 преобразуемый облучением материал POM протягивается соответственно с катушек R_a и направляется через регулирующие ролики R_{b1}, R_{b2}, ... для натяжения и позиционирования ленты через маскирующее устройство 7. Готовые структурированные пленки POM₁, POM₂, POM₃ затем направляются через ведущий ролик R_c и после дополнительной регулировки положения направляются на этап наложения R_d и складываются в многослойную структуру MCC.

Фотопреобразование по шаблону может быть также выполнено в предварительно сформированной многослойной стопке из преобразуемого облучением материала POM, как показано на фиг.4а. Многослойная стопка из таких материалов формируется путем повторяющегося наложения ряда поддерживающих слоев SS1, SS2... или пленок на несущую подложку или сборку. Каждый слой в наборе может изменять свои электрические характеристики под воздействием пространственно определенного облучения или под воздействием нагрева, обусловленного таким облучением. В случае преобразуемых облучением материалов POM материал в каждом слое S3 выбирается так, чтобы реакция на облучение была различной от слоя к слою, и избирательное структурирование в данном слое реализуется с помощью подходящего выбора характеристик излучения. Следует отметить, что в отличие от случаев, которые обсуждались в связи с вариантом способа по фиг. 2а, b, c, обработка после облучения путем непосредственного контакта с газом или жидкостью невозможна в слоях, которые расположены внутри стопки, если только взаимодействие такого вида не происходит с химическими веществами, которые были включены в рассматриваемый слой во время формирования стопки или были диффундированы в рассматриваемый слой снаружи. Основные принципы при преобразовании предварительно сформированной многослойной стопки из преобразуемого облучением материала могут быть представлены следующим образом. Предположим, что материалы в наборе POM являются полимерами, которые могут быть структурированы фотохимически, и которые изменяют свои электрические свойства под действием облучения ультрафиолетовым или инфракрасным излучением сверху для набора, показанного на фиг.4а. Спектральные реакции для длин волн λ_1 , λ_2 , λ_3 , λ_4 показаны на фиг.4b и означают, что данный слой в стопке может быть выбран путем использования излучения с подходящей длиной волны. Например, фиг. 4а показывает направление на слой SS2 и маскирование слоя SS2 светом с длиной волны λ_2 . С целью упрощения предполагается, что облучение

приводит к изменению состояния материала из непроводящего в проводящее. На фиг.4а облучение по шаблону происходит путем освещения через маску 7, но могут быть использованы другие альтернативы, такие как растровое сканирование фокусированными лазерными лучами или освещение с формированием изображения в ближней зоне или проецированием изображений световых элементов в адресуемом матричном источнике света. Этот источник света может представлять собой, например, групповой лазер или массив лазерных диодов. Для проецирования изображений могут быть использованы оптически активные элементы в форме элементарных линз или дифракционных структур. Вместо масок с заранее определенным шаблоном могут быть использованы управляемые маскирующие устройства, обеспечивающие возможность пространственной реконфигурации шаблона согласно некоторому определенному протоколу, или другие средства. Управляемое маскирующее устройство этого вида может представлять собой, например, пространственный модулятор света. Для определенных целей целесообразно использовать маски, обеспечивающие модуляцию интенсивности или сдвиг фазы. При использовании маски в форме пространственного модулятора света источник света может быть общим. Если источник света состоит из элементов или структурирован в виде массива, вклад от каждого отдельного источника света может сливаться с вкладом от соседних источников света, так что структуры, которые создаются в преобразуемом облучением материале, могут перекрываться и становиться непрерывными без пространственных изменений в электрических свойствах. Наконец, источники света такого вида могут быть выполнены с возможностью регулирования интенсивности или частоты. В последнем случае в комбинации с дифракционными элементами можно, например, получить фокусирование на определенной глубине в матрице из преобразуемого облучением материала, для определения многослойной структуры в матрице, если материал сначала преобразуется, например, при определенном пороге плотности энергии излучения. Следует иметь в виду, что источники света, маски и модуляторы, используемые в настоящем изобретении, не входят в объем изобретения, и предполагается, что они известны специалистам в данной области техники.

Может иметь место проблема, связанная с реализацией способа, когда излучение, которое должно быть сфокусировано в более низком слое, поглощается при прохождении через вышележащие слои или вышележащие части матрицы. На практике оказывается, что идеализированные случаи с полностью разделяемыми спектральными чувствительностями в преобразуемых облучением материалах, как показано на фиг.4b, труднодостижимы для большого количества слоев. Кроме того, оптическое поглощение преобразуемого облучением материала обычно изменяется, когда изменяется проводимость, например материалы с очень высокой проводимостью имеют металлический блеск благодаря

высокой концентрации электронов проводимости, которые экранируют падающее электромагнитное излучение от проникновения в материал. Некоторые преобразуемые облучением материалы первоначально находятся в проводящем состоянии с высоким широкополосным оптическим поглощением и преобразуются в обесцвеченное проводящее состояние в ответ на облучение. Чтобы избежать перекрестных помех между слоями вследствие таких явлений, может использоваться двустороннее освещение, т.е. как сверху, так и снизу стопки, в последнем случае через прозрачную подложку, если она имеется; включая блокирующий слой в стопке, например светопоглощающий и светотражающий слой между слоями, которые могут подвергаться перекрестным помехам; последовательное преобразование слоев, начиная со слоя, находящегося дальше всех от источника облучения, например нижнего слоя SS1 на фиг. 4а, что особенно касается преобразуемых облучением материалов, которые преобразуются от высокой к низкой оптической передаче в процессе структурирования; и наконец, легирование преобразуемых облучением материалов в разных слоях веществами, которые избирательно взаимодействуют с падающим излучением, направленным в эти вещества, и которые ускоряют преобразование в преобразуемом облучением материале при активации. Пример последнего приведен как пример 1 при описании предпочтительных вариантов осуществления способов согласно настоящему изобретению.

Ниже подробно рассматриваются преобразуемые облучением материалы, которые могут быть использованы в способах согласно настоящему изобретению, а также технологии, которые могут быть использованы в вариантах осуществления способов. Основной принцип преобразования материалов облучением на месте состоит в формировании проводящих или полупроводниковых структур посредством различных типов излучения, например ультрафиолетового излучения, видимого света или ближнего инфракрасного излучения, теплового инфракрасного излучения, рентгеновского излучения или излучения частиц. Преобразование может, кроме того, быть обратимым или необратимым. Конкретные примеры приведены ниже. Последующий список возможных применимых преобразуемых облучением материалов ПОМ ни в коем случае, однако, не должен рассматриваться как исчерпывающий. Эти материалы в настоящее время находятся в начальной стадии развития, и ожидается, что последующие исследования и разработки в этой области значительно увеличат количество доступных материалов.

ПРИМЕР 1

Преобразуемые облучением материалы для использования с ультрафиолетовым, видимым и инфракрасным светом

а) Переход из проводящего в изолирующее состояние: большинство сопряженных полимеров могут при облучении светом, например ультрафиолетовым светом, преобразовываться из проводящего

состояния в изолирующее, например вышеупомянутый полианилин.

б) Переход из изолирующего в проводящее состояние: различные сопряженные полимеры, структурированные облучением, становятся проводящими путем последующего воздействия диффузанта в газообразной или жидкой форме, например, диметокси-фенилена производного от поли(фенилен винилена) (DMEQ-PPV).

с) Переход из изолирующего в проводящее состояние с использованием пропитки красителем: предшественники из поли(фенилен винилена) (PPV), пропитанные азо-сульфо красителем с сильным поглощением на длине волны излучения, например, с использованием лазеров, могут быть преобразованы облучением в сопряженный полимер.

д) Переход из изолирующего в полупроводниковое состояние: 2,5-диметоксифенилен производное от поли(фенилен винилена) (DMEQ-PPV) может перейти из изолирующего в полупроводниковое состояние путем реакции выделения полиэлектролитных пленок, сформированных из него. Затем создается полисопряженная цепь путем облучения лазерным светом на 514,5 нм при 10 Вт/см² (см. F.A. Torres-Filho & R. W. Lenz, "Electrical, thermal and photo properties of poly(phenylene vinylene) precursors; I. Laser-induced elimination reactions in precursor polymer films", J. Polymer Science, Part B: Polymer Physics, 31 (8): 959, 1993).

ПРИМЕР 2

Преобразование рентгеновским излучением

Переход из изолирующего в проводящее состояние: тонкие пленки полианилина и поли(о-метоксианилина) подвергались облучению рентгеновским излучением и воздействию влажной атмосферы (см. J.A. Malmonge, L.H.C. Mattoso, "Doping of Polyaniline and Derivatives Induced by X-Ray Radiation", Synthetic Metals: Proceedings of the 1996 International conference on Science and Technology of Synthetic Metals, том 1984, 1-3, часть 1: 779-780, Elsevier Science S.A. Lausanne, Switzerland, 1997 (ISSN: 0379-6779)).

ПРИМЕР 3

Преобразование ионным облучением

Преобразование из изолирующего в полупроводниковое состояние: поли(фенилен винилена) получался из предшественников сульфониевой соли путем облучения ионами при 1000 кэВ Ne⁺ (см. J. Davenas, V. Massardier & V.H. Tran, "Conducting polymer synthesis via ion beam precursor conversion", Nuclear Instruments & Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. J+C on New Trends in Ion Beam Processing from Ions and Cluster Ion Beams to Engineering Issues, Proceedings of the 1995 E-MRS Symposium, Strasbourg, 1995).

ПРИМЕР 4

Преобразование облучением электронами

Преобразование из изолирующего в проводящее состояние: полианилины и политиофены могут быть легированы путем воздействия электронными лучами или светом по мере того, как соли составных

катионов, так называемые органические соли, примешанные в полимере, разлагаются во время облучения и создают кислоты Бренстеда (протоновые кислоты), которые действуют как местные легирующие примеси (см. M. Angelopoulos, J.M. Shaw, W.S. Huang & R.D. Kaplan, "In-situ radiation-induced doping of conducting polymers". Molecular Crystals и Liquid Crystals, 189: 221-225, 1990).

ПРИМЕР 5

Термическое преобразование

Термическое преобразование может рассматриваться как вторичный эффект облучения вследствие электромагнитного облучения или облучения частицами.

Термическое преобразование очень часто является граничным эффектом, актуальным является то, чтобы использовать излучение, которое может быть сфокусировано так, что в объемном элементе в матрице может быть получена управляемая плотность энергии.

Обработка единичных слоев также может быть выполнена, например, совместно со способами формирования, после формирования используется для управления проводящими или полупроводниковыми свойствами, например, путем преобразования мономера в олигомер, легирования, кристаллизации и т.п. Такие процессы хорошо известны и широко используются, и поэтому конкретные примеры здесь не приводятся. В определенных случаях тепловая

постобработка, которая применяется со способами согласно настоящему изобретению, может происходить глобально, т.е. в составной или монолитной матрице, и тогда нет необходимости осуществлять ее как вторичный эффект облучения. Выше в

примере 3 было рассмотрено преобразование из изолирующего в полупроводниковое состояние посредством облучения ионами. В качестве альтернативы можно подвергнуть полупроводниковый микрокристаллический материал воздействию коротких импульсов излучения, которые вызывают быстрое

переходное нагревание и охлаждение с преобразованием в аморфное непроводниковое состояние. Возбуждаемое лазером преобразование между аморфным и квазикристаллическим

состояниями в полимерах характеризует собой хорошо известную технологию для записи данных на оптические диски и поэтому детально не рассматривается.

Ниже приведены примеры предпочтительных вариантов осуществления способов формирования согласно настоящему изобретению и со ссылками на чертежи.

ПРИМЕР 6

Избирательность с использованием красителя в многослойном наборе

Как упоминалось выше, преобразование в определенных слоях преобразуемых облучением материалов может быть реализовано путем спектрально-избирательного облучения, например, светом или другими типами электромагнитного излучения. На практике перекрестные помехи между слоями в различных преобразуемых облучением материалах ограничивают достижимую контрастность и уменьшают доступное количество слоев в стопке. Кроме того,

компромисс между изобретением слоя и облучением, с одной стороны, и электрической характеристикой преобразуемых облучением материалов, с другой стороны, приводит к нежелательным ограничениям эффективности создаваемого таким путем прибора. Эта проблема может быть решена путем отделения избирательности от электрических характеристик. Фактически доступны оптические красители, которые перекрывают весь спектр от ультрафиолетового, видимого света до ближнего инфракрасного излучения с высоким поглощением в хорошо определенных спектральных полосах, которые могут быть выбраны с взаимно дополняющими диапазонами поглощения, которые точно соответствуют представленному на фиг.4b. Примесь красителя этого вида в слабо поглощающий преобразуемый облучением материал, так что смесь получает характеристики поглощения красителя, обеспечивает спектральный "инструмент", который может быть использован для получения желаемой избирательности для преобразования конкретных слоев в стопке. Энергия, поглощенная в красителе из облучения, преобразуется в тепло в течение очень короткого времени, и вызывает локальное повышение температуры. Таким образом активированный теплом преобразуемый облучением материал в этом диапазоне может быть подвергнут воздействию косвенно, через поглощение в красителе. Чтобы иметь возможность выбрать данные тонкие слои в стопке без перекрестных помех, тепловое поле, обусловленное поглощенной в красителе энергией, должно точно регулироваться. Это достигается использованием коротких и интенсивных импульсов излучения. В одномерной конфигурации в случае, когда тонкие слои наложены один на другой, быстрое повышение температуры в бесконечно тонком слое в материале или в матрице проявится на расстоянии от этого слоя, соответствующем длине тепловой диффузии, определенной по формуле

$$\mu = (k/\pi f \rho c)^{1/2}, \quad (1)$$

где параметры материала таковы:

k = удельная теплопроводность,

f = 1/τ - собственная частота, которая равна обратной величине длительности импульса τ,

ρ = плотность материала и

c = удельная теплоемкость материала.

Как очевидно из равенства (1), требуются короткие импульсы, чтобы достичь высокой избирательности в направлении, перпендикулярном слоям. Следовательно, локальное повышение температуры, обусловленное излучением, и, таким образом, скорость реакции в преобразуемом облучением материале тем выше, чем короче импульс излучения. Для типичных полимерных материалов μ лежит в субмикронном диапазоне для импульсов излучения длительностью менее микросекунды.

ПРИМЕР 7

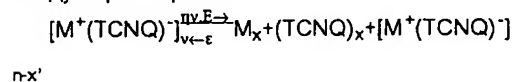
Электрические соединения между слоями
Электрические соединения между разными слоями в тонкопленочных материалах или других типах электронных

материалов представляют собой главную проблему при производстве микроэлектроники. Точное позиционирование проводящих дорожек в плоскости каждого слоя и в перпендикулярном направлении к плоскостям имеет первостепенное значение и обычно включает формирование сквозных межсоединений или отверстий, которые могут быть заполнены проводящим материалом для создания соединений, перпендикулярных слоям. Физическое выполнение отверстий в известных способах производилось посредством сверления, перфорации или травления, а проводящий материал добавлялся механическим заполнением, электролитическим осаждением и т.п. Ясно, что процессы такого типа характеризуются значительной сложностью и существенной стоимостью, и имеют ограничения по точности.

В настоящем изобретении соединения, так же как активные и пассивные приборы, могут быть созданы в той же последовательности обработки, которая определяет электропроводящие и/или полупроводниковые структуры в каждом слое, т.е. с той же пространственной точностью, что и структуры, и без использования дополнительных и других этапов производства. Фиг.5 показывает основной принцип для частного случая, когда должна быть создана одна проводящая дорожка 9 между частью, например, проводящей структуры в слое SS5 и частью другой проводящей структуры 9 в слое SS8, удаленном от первого. Путем повторного преобразования малой площади в одном и том же местоположении каждого из нескольких соседних слоев между конечными точками проводящих или полупроводниковых структур формируется столбик 9' из проводящего материала, как показано на фиг.5, и достигается электропроводность, реализуемая поэтапно от начального слоя SS5, который содержит первую проводящую структуру, до конечного слоя SS8, который содержит вторую проводящую структуру. Поперечное сечение столбика 9' может быть определено произвольно посредством выбранного шаблона облучения. Несколько параллельных проводящих столбиков может быть создано с использованием этой процедуры, и столбики могут начинаться и заканчиваться в разных слоях, как это ясно из фиг.5. В данном слое, в который входит проводящая структура 9 в соединении с одним или более проводящими столбиками вертикальных проводящих структур 9', последняя должна изготавливаться совместно с другими проводящими или полупроводниковыми структурами 10, которые структурированы в этом слое, например SS6 на фиг.5, т.е. без необходимости осуществления других или отличающихся этапов обработки. Степень преобразования из непроводящего в проводящее состояние или наоборот может управляться облучением, например дозой, интенсивностью, спектральным составом и т.п. Таким образом, столбик, который соединяет точки в двух разных слоях, может быть сформирован так, что он функционирует как резистор в схеме, путем выбора степени проводимости в сегментах от слоя к слою вдоль столбика.

ПРИМЕР 8

Реконфигурируемые электронные схемы
Определенные преобразуемые
облучением материалы могут быть
приведены в проводящее состояние с
помощью облучения или других внешних
воздействий и оставаться в этом состоянии до
тех пор, пока они не будут подвергнуты
воздействию, например, другого вида
облучения или внешнего воздействия,
которое переведет этот материал обратно в
первоначальное состояние. Это, в том числе,
имеет место в случае различных
органических макромолекул и других
материалов, которые в общем известны как
молекулярные электронные материалы.
Пример материала такого вида описан в
работе: "A new material for optical,
electrical and electronic thin film
memories", Z.Y. Hua & G.R. Chen, Vacuum, том
43, 11: 1019-1023, 1992). Этот материал
является органометаллическим комплексным
соединением с переносом заряда (M(TCNQ)),
образованным 7,
7,8,8-тетрацианохинодидиметаном $C_{12}H_4N_4$,
который функционирует как молекула
акцептора электронов с различными
металлами в качестве обогащенных
электронами доноров. В числе металлов
могут быть Li, Na, K, Ag, Cu или Fe. M(TCNQ)
может при приложении светового излучения и
благодаря тому, что энергия подается в
форме тепла или электрических полей,
переходить из состояния высокого импеданса
в состояние низкого импеданса. В общем
виде реакция может быть записана
следующим образом:



Процесс обратим, поскольку обратная
реакция может быть получена подачей
энергии ϵ в форме тепла, электрических
полей или фотонного облучения. Обратимая
реакция приводит к тому, что M(TCNQ) может
быть использован для создания
коммутирующей среды с двумя устойчивыми
состояниями, например, материала
стираемой памяти. Способ согласно
настоящему изобретению основан на
использовании облучения, а не электрических
полей, при этом доноры электронов
выбираются из вышеупомянутых металлов,
которые дают модификации M(TCNQ),
чувствительные к определенным длинам волн
света. В тонких слоях, например толщиной
100-200 нм, M(TCNQ) имеет нелинейную
вольтамперную характеристику, примерно
такую, которая может быть использована для
реализации устройств памяти типа ПЗУ или
ОЗУ. Для этой цели особый интерес
представляет то, что M(TCNQ) устойчиво и
воспроизводимо обеспечивает управляемое
током электрическое переключение с двумя
устойчивыми состояниями. В электрически
адресуемой памяти, например, состояние
высокого импеданса может быть
использовано для представления двоичной
"1", а состояние низкого импеданса -
двоичного "0". Время перехода между двумя
такими состояниями меньше, чем 400 нс.
Дополнительные примеры подходящих
материалов описаны в работе W. Xu & al.,
"Two new all-organic complexes with
electrical bistable states", Appl. Phys.

Lett. 67: 2241-2242 (1995) и в работах,
приведенных в списке литературы.
Упомянутые материалы бистабильны и имеют
четко определенные границы для
преобразования из проводящего состояния в
непроводящее состояние и наоборот, с
использованием или фотонного излучения,
и/или электрических полей.

Когда обратимые материалы этого вида
включаются в один или более слоев в стопке,
возможно реконфигурировать схему. С
возрастающей степенью сложности это может
быть сделано, например, для коррекции
ошибок производства, интерактивности
относительно окружающей среды или
применения, или повторного использования
материала матрицы в наборе путем
уничтожения и формирования совершенно
новых схем. Такие способы уничтожения
электропроводящих и полупроводниковых
трехмерных структур также входят в объем
настоящего изобретения. Первый способ
уничтожения может быть реализован путем
облучения отдельных структур материалов и
обеспечивает уничтожение проводящих или
полупроводниковых структур аналогично
действию способов формирования таких
структур. Избирательное уничтожение
структур может, однако, быть достигнуто
пространственной модуляцией излучения в
плоскости, по существу, параллельной
структуре материала, посредством маски,
шаблон которой выполнен согласно
определенному протоколу, и эта маска затем
модулирует либо интенсивность, либо фазу
падающего излучения для уничтожения
электропроводящих или полупроводниковых
структур в этой структуре материала.
Излучение может также быть
пространственно модулировано в плоскости
путем концентрации его в луч с размерами,
которые совместимы с размерами
электропроводящих или полупроводниковых
структур и сканированием структуры
материала лучом, который параллелен
плоскости и модулирован по интенсивности
согласно определенному протоколу, таким
образом обеспечивая уничтожение
электропроводящих или полупроводниковых
структур, которые присутствуют в слое.
Другими словами, излучение должно быть
направлено сбоку сложенной структуры и
пространственно модулировано так, что оно
становится параллельным структуре и
сконцентрировано в ней. Альтернативно,
полностью аналогично способу
формирования, может быть использовано
избирательное облучение, если один или
более слоев в конфигурации стопки должны
быть уничтожены, и излучение в этом случае
как обычно будет падать перпендикулярно к
плоскости слоя. Избирательность тогда может
быть реализована с помощью подходящих
слоев, сформированных из материала,
который реагирует на одну или более
характеристик излучения или данную
мощность излучения. Уничтожение может
быть также реализовано фокусированными и
сканирующими лучами, которые
сфокусированы на выбранном слое и в
объемном элементе этого слоя
концентрируют энергию до такой плотности,
что она превосходит возможный точно
определенный порог, вызывая уничтожение
структуры.

Однако гораздо проще уничтожение структуры может быть реализовано путем облучения составной матрицы с электропроводящими и полупроводниковыми структурами, созданными в ней, глобально, чтобы уничтожение этих структур происходило во всей ее полноте и одновременно. Это будет практически применимо, если должен быть реконфигурирован весь компонент, но если необходимы корректировки отдельных слоев или реконфигурации отдельных слоев, то может быть применим только вышеупомянутый способ с избирательным облучением этих слоев.

ПРИМЕР 9

Активные схемы

Поскольку способ формирования согласно настоящему изобретению обеспечивает возможность преобразования подходящих материалов из изолирующего в полупроводниковое состояние или наоборот с помощью облучения, либо непосредственно, либо косвенно (например, в последнем примере благодаря одновременному местному нагреванию), то можно использовать этот способ в производстве, например, диодов и транзисторов, которые могут быть электрически соединены с сопротивлениями и конденсаторами, чтобы образовать полные активные электронные схемы. Конкретные примеры активных компонентов и схем, полученных из них, будут описаны в следующих примерах.

а) На фиг.6 показан диод с прямо смещенным рп переходом с проводящими и полупроводниковыми структурами, сформированными способом согласно настоящему изобретению по тонкопленочной технологии с четырьмя субслоями SS1-SS4. Слои SS2 и SS3 содержат активный полупроводниковый материал между электродами 11 в соответственно субслоях SS1 и SS4. Активный материал 10 в субслое SS2 представляет собой легированный донорной примесью полупроводник, в то время как соседний активный материал 10' в субслое SS3 представляет собой легированный акцепторной примесью полупроводник. Электроды 11 в слоях SS1 и SS4 контактируют с горизонтальными электропроводящими структурами или проводящими дорожками 4 в том же слое. Отдельный слой в структуре диода на фиг.6 обычно имеет толщину примерно 100 нм, так что вся структура образует многослойную структуру с толщиной меньше, чем 1 мкм. Горизонтальная протяженность области структуры диода будет определяться способом формирования проводящих и полупроводниковых структур, но при использовании, например, видимого или ультрафиолетового света может быть получена протяженность меньше, чем 1 мкм.

б) На фиг.7 схематично показан полевой МОП-транзистор для использования в настоящем изобретении, реализованный полностью из органического материала в тонкопленочной технологии. Электрод 12 затвора размещен в субслое SS1 и соединен с горизонтальной проводящей структурой 9, в то время как субслои SS2 составляет изолятор 13 затвора. Активный полупроводниковый материал 10 размещен в субслое SS3 и совмещен с электродом 10

затвора. Электроды истока и стока 14 размещены в следующем верхнем слое SS4 и соединяются горизонтальными электропроводящими структурами 9 в том же слое. Каждый из слоев содержит либо электропроводящие, либо полупроводниковые структуры, а также диэлектрические области. Толщина полевого МОП-транзистора такого типа может составлять 1/2 мкм, в то время как протяженность в горизонтальной плоскости такая, как может быть реализована при существующей технологии, равная от максимум нескольких мкм до менее чем 1 мкм.

с) Структура полевого МОП-транзистора, представленная на фиг.7, может быть использована в логических схемах, например, логическом инверторе в КМОП технологии, как показано на фиг.8. Инвертор этого вида формируется путем параллельного соединения электродов стока и истока в соответственно n-полевом МОП транзисторе и р-полевом МОП транзисторе в каскадно соединенной конфигурации, с общим электродом затвора. Для этой цели создана вертикальная проводящая структура 15, проходящая через все субслои SS1-SS7 и соединяющая электроды 14'. Выходной сигнал от инвертора подается на эту проводящую структуру 15 к горизонтальной соединительной структуре 9 в левой части чертежа. Общий электрод 12 затвора полевого МОП транзистора принимает входной сигнал через горизонтальную проводящую структуру 9 в субслое SS4 в правой части чертежа. Толщина всех субслоев будет тогда меньше, чем 1 мкм; обычно она реализуется с толщиной около 0,7 мкм, в то время как горизонтальная протяженность инвертора будет иметь размеры, как указано выше для структуры полевого МОП транзистора, показанного на фиг.7.

д.) Активные компоненты, такие как структуры полевых МОП транзисторов, показанных на фиг.7, могут быть использованы для формирования интегральных схем путем наложения субслоев со структурами, которые имеют требуемые электрические свойства и реализованы полностью по органической тонкопленочной технологии. В частности, следующий пример относится к логической схеме И, реализованной по КМОП технологии с использованием структуры транзистора, как показано на фиг.7. Для пояснения того, как активные приборы, например полевые транзисторы, могут быть объединены в многослойных структурах в функциональные приборы, как например логические схемы, ссылки будут даны на фиг.9, которая иллюстрирует логическую схему И, реализованную по комплементарной МОП технологии (КМОП технологии). КМОП логическая схема И реализована с помощью соответственно n-полевого МОП транзистора и р-полевого МОП транзистора обогащенного типа в качестве коммутирующих приборов. Два входных сигнала А и В подаются соответственно на электроды затвора на р-МОП транзисторы Q₁ и Q₂, и электроды затвора n-МОП транзисторов Q₃ и Q₄. Если оба входные сигнала А и В имеют высокий

уровень, выходной сигнал \overline{x} будет иметь низкий уровень. В этом случае транзисторы Q_3 и Q_4 будут включены, а р-МОП транзисторы Q_1 и Q_2 будут выключены, т.е. ток не протекает, и выходной сигнал \overline{x} поэтому будет низким. Если, наоборот, какой-либо из входных сигналов А или В имеют низкий уровень, р-МОП транзисторы Q_1 и Q_2 будут включены, и выходной сигнал \overline{x} имеет высокий уровень, в то время как какой-либо или оба из последовательно соединенных п-МОП транзисторов Q_3 , Q_4 выключены, и ток не протекает. Приборы Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 реализуют, как будет видно, логическую схему НЕ-И, а чтобы реализовать логическую схему И, необходимо соединить выход логической схемы НЕ-И с логическим инвертором, который также реализован по КМОП технологии, соответственно с использованием р-МОП ключа Q_2 и п-МОП ключа Q_6 , соединенных параллельно. Это стандартный КМОП-инвертор, и если его входной сигнал \overline{x} имеет высокий уровень, то его выходной сигнал x будет инвертированным сигналом входного сигнала \overline{x} , и поэтому будет иметь низкий уровень. Наоборот, низкий входной сигнал \overline{x} низкого уровня будет инвертирован в выходной сигнал x высокого уровня, и это соответствует случаю, когда входные сигналы А и В логической схемы НЕ-И оба имеют высокий уровень. Другими словами легко понять, что схема, показанная на фиг.9, реализует логическую схему И, и специалистам в данной области техники ясно, каким образом могут быть реализованы логические схемы ИЛИ и НЕ-ИЛИ с любым количеством входов. Однако в принципе, все Булевы функции могут быть реализованы в комбинациях логических схем одного типа и одного или более инверторов, реализованных по КМОП-технологии, например, с использованием структуры транзистора, как показанная на фиг.7.

На практике логическая схема И может быть выполнена по тонкопленочной технологии, как показано на фиг.10а-10д, и с использованием структур полевых МОП транзисторов, соответствующих показанному на фиг.7. Фиг.10а-10д показывают логическую схему И, полностью реализованную по тонкопленочной технологии, и с активными и пассивными приборами в четырех субслоях SS1, SS3-SS5. Первый субслой SS1 (фиг. 10а) содержит электроды затвора g_1 - g_6 , где нижний индекс указывает на соответствующий индекс для полевых МОП транзисторов Q_1 - Q_6 на фиг.9. Входные сигналы А и В подаются соответственно на электроды затворов g_1 , g_3 и g_2 , g_4 , и через горизонтальные проводящие структуры или токопроводящие дорожки 9. Соответственно, электроды затворов g_5 , g_6 в инверторе соединены с горизонтальной токопроводящей дорожкой 9. Вертикальная токопроводящая структура обозначена 15, причем символ Δ показывает, что она распространяется вверх в вертикальном

направлении от субслоя SS1. На фиг.10b символы Δ и ∇ показывают, что вертикальная проводящая структура 15 в слое SS3 распространяется вертикально через этот слой и в обе стороны от него. Слой SS3 содержит области с активными полупроводниковыми материалами b_1 - b_6 (соответственно 10 на фиг.7), которые предназначены соответствующим электродам затворов g_1 - g_6 в слое SS1 и совпадают с ними. Следует заметить, что слой SS2 исключительно, кроме вертикальной проводящей структуры 15, которая также распространяется через этот субслой в обе стороны от него, состоит из диэлектрического материала, который образует общий изолятор затвора для полевых МОП транзисторов Q_1 - Q_6 , которые реализуют логическую схему И. Слой SS2 расположен между SS1 и SS3, но не показан на чертеже. Слой SS4 фиг.10с нанесен поверх и рядом со слоем SS3 и содержит соответственно электроды истоков s_1 - s_6 , и электроды стоков d_1 - d_6 для соответствующих полевых МОП транзисторов Q_1 - Q_6 . Активный полупроводниковый материал d_1 - d_6 , который расположен в слое SS3, показан здесь линиями штриховки. Вертикальная токопроводящая дорожка 15 также распространяется через слой SS4 и в обе стороны от него и контактирует с горизонтальной токопроводящей дорожкой 9 в субслое SS5, как показано на фиг. 10d. Эта горизонтальная токопроводящая дорожка 9 соответствует соединению между электродами стоков d_2 и d_3 для соответствующих полевых МОП транзисторов Q_2 , Q_3 , и дополнительно также соединена с электродом стока d_1 на Q_1 . Другая горизонтальная токопроводящая дорожка 9 реализует последовательное соединение между электродом истока s_1 на Q_3 и электродом стока d_4 на Q_4 . Электроды истоков s_4 и s_6 заземлены через дополнительные горизонтальные проводящие структуры 9, в то время как на горизонтальную проводящую структуру 9, самую дальнюю вправо в слое SS5, подается напряжение V_{dd} , и она соединяет электроды истока s_1 , s_2 , s_5 соответственно с Q_1 , Q_2 и Q_5 . Дополнительная горизонтальная токопроводящая дорожка 9, самая верхняя на фиг.10d, формирует параллельное соединение между электродами стоков d_5 , d_6 на Q_5 , Q_6 и линией выхода, обозначенной X. Выходной сигнал \overline{x} от логической схемы НЕ-И, состоящей из Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 , подается на вертикальную токовую дорожку 15. Фиг. 11 схематически показывает, как выглядят слои, показанные на фиг.10 в конфигурации стопки, причем здесь показан слой SS2 с изолятором затвора. Для ясности, однако, стопка показана в разобранном виде в его отдельных субслоях SS1-SS5, но с обеспечением правильного совпадения и направления вертикальной токопроводящей дорожки 15 через каждый субслой, что показано штриховой линией. Со слоем электрода затвора SS1-SS5, сформированном на подложке (на диэлектрическом слое, не показанном на чертеже), полная структура логической схемы И, как показано на фиг.11, может иметь толщину 0,75 мкм и площадь

примерно 100 мкм^2 ($12 \cdot 8 \text{ мкм}^2$). Объем структуры равен около 75 мкм^3 . При умеренной пространственной разрешающей способности это приводит к тому, что около 10000 логических схем этого вида могут быть реализованы на площади в 1 мм^2 и с толщиной значительно меньшей 1 мкм . При соответствующем масштабе длина токопроводящих дорожек 9, 15 вместе составляет 60 мкм .

е) Уменьшение длины токопроводящих дорожек и значительное упрощение структуры логической схемы И может быть достигнуто путем наложения структур полевого МОП транзистора по вертикали, как показано на фиг.12. Снова использованы те же ссылочные позиции, что на фиг.10 и 11. Видно, что вертикальная структура логической схемы И использует тот факт, что электроды затворов g_1 и g_3 транзисторов Q_1 , Q_3 находятся под одним и тем же общим потенциалом, электроды затворов g_2 и g_4 транзисторов Q_2 , Q_4 под другим общим потенциалом, и электроды затворов g_5 и g_6 транзисторов Q_5 , Q_6 под третьим общим потенциалом. Поэтому транзисторы Q_1 - Q_6 выполнены как КМОП схемы в парной каскадной конфигурации с использованием общих электродов затворов g_1 , g_3 ; g_2 , g_4 ; g_5 , g_6 для соответствующих структур полевых МОП транзисторов Q_1 , Q_3 ; Q_2 , Q_4 ; Q_5 , Q_6 . Каждая КМОП схема сформирована на изолирующем слое, который на фиг.12 расположен ниже Q_3 , между Q_1 и Q_4 , и между Q_2 и Q_5 в каждой из структур полевого МОП транзистора. Электроды затворов g также изолированы от материала активного полупроводника с помощью неявно обозначенных изолирующих слоев, которые содержат соответствующие изоляторы затворов. Горизонтальные токопроводящие дорожки на фиг.10 и 11 теперь, по существу, заменены вертикальными токопроводящими дорожками, которые проходят через слои и обеспечивают такое же соединение, как показано на эквивалентной схеме на фиг.9. В частности, показана токопроводящая дорожка 15, которая также реализована по вертикали в конфигурации на фиг.10 и, как будет видно, как и ранее соединяет электроды затворов g_5 , g_6 транзисторов Q_5 , Q_6 с соединением между электродами стоков d_2 , d_3 транзисторов Q_2 , Q_3 и электродом стока d_1 транзистора Q_1 .

Вертикальная структура логической схемы И на фиг.12, включающая подложку 1, создана из 24 субслоев, из которых 6 относительно толстых изолирующих слоев образуют изоляторы затворов, а три соответствующих толстых изолирующих слоя взаимно изолируют парные комбинации структур полевых МОП транзисторов. При тех же размерах, как показано в описании фиг.11, вся сложенная конфигурация на фиг. 12, таким образом, будет иметь толщину около 3 мкм , и будет создана на площади 16 мкм^2 . Общий объем, таким образом, составляет менее 50 мкм^3 . Уменьшение объема составит $1/3$, относительно конфигурации, показанной на фиг. 11. Наиболее важно, однако, что токопроводящие дорожки, которые на конфигурации по фиг.11, с учетом показанных

размеров, будут иметь длину 52 мкм , могут в конфигурации по фиг.12 составить примерно 15 мкм в оптимальном варианте осуществления, что дает уменьшение примерно на 70%. В связи с этим, в частности, должно быть принято во внимание, что на фиг.12 дано схематичное представление и что вертикальные токопроводящие дорожки взаимно смещены в горизонтальной плоскости для большей четкости изображения. Они могут, однако, лежать в той же плоскости, параллельной одной из боковых поверхностей структуры.

В рамках современной тонкопленочной технологии и используя вышеописанные технологии создания электропроводящих и полупроводниковых структур в тонких пленках путем облучения преобразуемых органических материалов, вполне возможно уменьшить линейные размеры в горизонтальном направлении, так что плотность компонентов может быть увеличена, по меньшей мере, на один порядок по величине. Это приводит к тому, что конфигурация по фиг.11 может реализовать около 10^5 логических схем показанного типа на 1 мм^2 и при толщине слоя значительно меньше 1 мкм , в то время как конфигурация по фиг.12 может реализовать около $6 \cdot 10^5$ вентилях на той же площади с несколько лучшим коэффициентом формы, так что увеличение плотности приборов достигает 50% относительно плотности приборов в конфигурации по фиг.11.

В способе для преобразования с использованием облучения проявляется в малой степени или совсем не проявляется перенос материала в слои и из слоев, где происходит преобразование, и следствием чего являются очень малые объемные изменения в используемых материалах. С основанием плоской структуры, плоская форма сохраняется в высокой степени также в тех случаях, где используются многослойные структуры материалов. Это важно для этапов структурирования, поскольку ровная плоская форма благоприятна для получения высокой пространственной разрешающей способности.

В принципе, этап обработки в способе формирования согласно настоящему изобретению может быть реализован как совместимый с обработкой по принципу с ролика на ролик для непрерывной ленты, которая подается по роликам 16, как схематично показано на фиг.13. На первом этапе процесса происходит послойное осаждение фотопреобразуемого материала на гибкую подложку 1, здесь в форме трех слоев, ПОМ_1 , ПОМ_2 , ПОМ_3 , где фотопреобразуемый или преобразуемый облучением материал ПОМ в каждом слое имеет различную спектральную реакцию, например, соответственно длинам волн λ_1 , λ_2 , λ_3 . Осаждение фотопреобразуемого материала ПОМ может производиться, например покрытием при погружении в контейнеры, где фотопреобразуемый материал подается в форме раствора. На подложке формируется многослойная структура МСС, образующая составную матрицу. Она подается после

дополнительные постобработки (не показаны) на барабан 17, где на внутренней стороне непрерывной ленты в соответственно первом, втором и третьем секторах S_1 , S_2 , S_3 через маски 7_1 , 7_2 , 7_3 для формирования желаемого шаблона или пространственный модулятор света производится структурирование слоев $ПОМ_1$, $ПОМ_2$, $ПОМ_3$ с требуемыми электропроводящими или полупроводниковыми структурами. Маски 7 или пространственные модуляторы света могут быть обеспечены на совместно вращающемся барабане 18, установленном внутри так, чтобы оптимальная пространственная разрешающая способность гарантировалась внутри временного окна желаемой выдержки. Между масками 7 и центром вращения барабанов 17, 18 установлены источники света (не показаны) для экспонирования, и, возможно, оптические приборы, например, для коррекции поля, коллимации и т.п. Альтернативно источники света (не показаны) могут быть выполнены совместно с масками, например, в форме массива лазерных диодов; и экспонирование происходит в режиме ближней зоны. Когда часть ленты, которая должна содержать полную схему ИС, совпадает с маской 7_1 в секторе S_1 , на слой $КОМ_1$, ближайший к подложке, для структурирования может быть избирательно направлен свет с длиной волны λ_1 , в следующем секторе S_2 производится направление света с длиной волны λ_2 к вышележащему слою $КОМ_2$, и в следующем секторе S_3 , например самом верхнем, к слою $КОМ_3$ света с длиной волны λ_3 . Диаграмма реакций фотопреобразуемых материалов $ПОМ_1$, $ПОМ_2$, $ПОМ_3$ схематично представлена на фиг.14 для рассматриваемых длин волн λ_1 , λ_2 , λ_3 . Если многослойные структуры МСС сформированы на прозрачной подложке 1, облучение может производиться приборами (не показаны) снаружи радиально в сторону центра барабана 17, в обратном порядке по сравнению с тем, как показано на фиг. 13, а именно светом с длиной волны λ_3 в первом секторе, и т.п. Однако следует полагать, что реализация обработки по принципу с ролика на ролик проще всего реализуется, как показано на фиг.13, для получения точного совпадения и совместного вращения масок/пространственных модуляторов и источников света во время экспонирования. После этапа экспонирования и структурирования многослойная структура МСС выходит с электронными схемами ИС, на фиг.13 обозначенными как $ИС_{k+1}$, $ИС_k$, $ИС_{k+1}...$, созданными в сложной конфигурации, и лента подается далее к дополнительным рабочим станциям (не показаны) для, например, разрезания или разделения на отдельные схемы ИС.

Обработка отдельных слоев, т.е. создание электропроводящих и полупроводниковых структур, может также происходить в отдельных линиях, реализующих обработку по принципу с ролика на ролик, так чтобы каждый слой подвергался процессам фотопреобразования в разных линиях. Затем может производиться подходящая возможная постобработка и корректировки, например термообработка до того, как каждый отдельный слой будет объединен в

многослойную структуру для образования сложной схемной конфигурации. В принципе, обработка такого вида может производиться на оборудовании, как показано на фиг.3. Что касается структурирования отдельных слоев, перемещение линии должно быть принято во внимание для достижения оптимальной пространственной разрешающей способности требуемых структур, формируемых путем фотопреобразования.

Путем, например, использования органических материалов в слоях и создания электропроводящих и полупроводниковых структур с преобразованием и облучением согласно настоящему изобретению может быть реализовано гораздо более простое и дешевое производство электронных приборов, чем то, которое возможно при нынешней технологии неорганических полупроводников. Если при изготовлении схем используется оборудование, реализующее принцип с катушки на катушку, как показано выше, то производство может осуществляться с большим объемом и высокой скоростью и без существенных ограничений по размерам. При соединении отдельных слоев в многослойную структуру и формировании наложенной конфигурации принципиально важным является совпадение между слоями, чтобы гарантировать взаимное совпадение вертикальных проводящих структур в отдельных слоях и совпадение, например, электродов и активных полупроводниковых материалов в полупроводниковых структурах. Требования для точности совпадения будут задаваться шагом, который может быть реализован при изготовлении электропроводящих и полупроводниковых структур. Они могут также быть реализованы путем использования интерферометрических способов для управления и позиционирования, оптически записываемой маркировки или механической или электрической нанотехнологии. Такие мероприятия, однако, не входят в объем настоящего изобретения и поэтому не обсуждаются более подробно, но должны рассматриваться как известные специалистам в данной области техники.

Если используется пространственно регулируемый источник излучения, например, в виде матрицы, протокол для данной конфигурации схемы в многослойной конструкции может быть сформирован дистанционно относительно местоположения, где осуществляется изготовление схемы, и передан туда для загрузки, например, в устройство управления, которое управляет формированием структур физических схем на месте в процессе производства. Пользователь может таким образом формировать и изготавливать схемы с использованием дистанционной обработки согласно собственным спецификациям просто путем передачи необходимых команд и информации. Настоящее изобретение может, таким образом, обеспечивать концепцию производства интегральных схем прикладной ориентации и заказных интегральных схем.

Формула изобретения:

1. Способ формирования комбинации электропроводящих и полупроводниковых трехмерных структур в составной матрице, содержащей два или более материалов,

обеспеченных в пространственно отдельных и однородных структурах материалов, причем материалы в ответ на подачу энергии могут подвергаться определенным физическим и/или химическим изменениям состояния, которые вызывают переход из электрически непроводящего состояния в электрически проводящее и/или полупроводниковое состояние или наоборот или изменение в режиме электрической проводимости материала, причем структуры материала формируют в форме тонких слоев путем объединения двух или более слоев в слоистую многослойную структуру, которая образует составную матрицу с комбинацией электропроводящих и/или

полупроводниковых трехмерных структур, при этом многослойную структуру формируют путем последовательного осаждения двух или более слоев с образованием конфигурации стопки на несущей подложке, отличающийся тем, что формируют комбинацию двумерных электропроводящих и полупроводниковых структур в слое непосредственно после осаждения слоя на подложке или на соседнем слое и до осаждения следующего слоя на первый упомянутый слой путем облучения каждого слоя излучением с заданной интенсивностью или частотной характеристикой, соответствующим определенной реакции материала на энергию, обеспечиваемую излучением, осуществляют пространственную модуляцию в каждом случае согласно определенному протоколу, который представляет заранее определенную конфигурацию электропроводящих и полупроводниковых структур в рассматриваемом слое, посредством чего в ответ на энергию, поданную излучением, формируют комбинацию двумерных проводящих и полупроводниковых структур в слое с конфигурацией, заранее определенной протоколом, для получения составной матрицы, сформированной отдельными соседними слоями с комбинацией двумерных электропроводящих и полупроводниковых структур с комбинацией электропроводящих и полупроводниковых трехмерных структур.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что электромагнитное излучение, используемое для облучения, выбирают из одного или более спектральных диапазонов гамма-излучения, рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения видимого света, инфракрасного или микроволнового излучения.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что излучение частиц, используемых для облучения, выбирают из одного или более следующих типов частиц: элементарные частицы, включая протоны, нейтроны и электроны; ионы, молекулы и агрегатные частицы материала.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что пространственную модуляцию излучения осуществляют в плоскости, по существу параллельной слою, посредством маски, шаблон которой выполняют согласно определенному протоколу, причем маска модулирует интенсивность и/или фазу падающего на нее излучения, для создания комбинации двумерных электропроводящих и полупроводниковых структур в слое.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что

пространственную модуляцию излучения осуществляют в плоскости, по существу параллельной слою, путем концентрации излучения в луч с размерами, совместимыми с размерами электропроводящих и полупроводниковых структур, и обеспечивают сканирование слоя этим лучом, который модулируют по интенсивности согласно определенному протоколу для создания комбинации двумерных электропроводящих и полупроводниковых структур в слое.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что одну или более двумерных электропроводящих и полупроводниковых структур формируют в слое, так чтобы упомянутая структура или структуры согласно протоколу совпадали с одной или более двумерными электропроводящими и полупроводниковыми структурами в соседнем, уже осажденном слое, посредством чего формируют один или более вертикальных электропроводящих и полупроводниковых каналов в поперечном направлении через слой.

7. Способ формирования комбинации электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур в составной матрице, содержащей два или более материалов, обеспеченных в пространственно отдельных и однородных структурах материалов, причем материалы в ответ на подачу энергии могут подвергаться определенным физическим и/или химическим изменениям состояния, которые вызывают переход из электрически непроводящего состояния в электрически проводящее и/или полупроводниковое состояние или наоборот или изменение в режиме электрической проводимости материала, при этом структуры материала формируют в форме тонких слоев путем объединения двух или более слоев в слоистую многослойную структуру, которая образует составную матрицу с комбинацией электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур, причем многослойную структуру формируют путем наложения двух или более самоподдерживающихся слоев в конфигурации стопки, отличающийся тем, что формируют комбинацию двумерных электропроводящих и/или

полупроводниковых структур в слое перед тем, как слой наложен на соседний слой, облучают каждый слой излучением с заданной интенсивностью или частотной характеристикой, соответствующим определенной реакции материала на энергию, обеспечиваемую излучением, осуществляют пространственную модуляцию излучения в каждом случае согласно определенному протоколу, который представляет заранее определенную конфигурацию электропроводящих и/или полупроводниковых структур в слое, посредством чего в ответ на энергию, поданную излучением, формируют комбинацию двумерных проводящих и/или полупроводниковых структур в слое с конфигурацией, заранее определенной протоколом, посредством чего формируют составную матрицу, образованную отдельными слоями с двумерными электропроводящими и/или полупроводниковыми структурами, для получения комбинации электропроводящих

и/или полупроводниковых трехмерных структур.

8. Способ по п. 7, отличающийся тем, что электромагнитное излучение, используемое для облучения, выбирают из одного или более спектральных диапазонов гамма-излучения, рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения, видимого света, инфракрасного или микроволнового излучения.

9. Способ по п. 7, отличающийся тем, что излучение частиц, используемых для облучения, выбирают из одного или более следующих типов частиц: элементарные частицы, включая протоны, нейтроны и электроны; ионы, молекулы и агрегатные частицы материала.

10. Способ по п. 7, отличающийся тем, что пространственную модуляцию излучения осуществляют в плоскости, по существу параллельной слою, посредством маски, шаблон которой выполняют согласно определенному протоколу, причем маска модулирует интенсивность и/или фазу падающего на нее излучения для создания комбинации двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур в слое.

11. Способ по п. 7, отличающийся тем, что пространственную модуляцию излучения осуществляют в плоскости, по существу параллельной слою, путем концентрации излучения в луч с размерами, совместимыми с размерами электропроводящих и/или полупроводниковых структур, и обеспечивают сканирование слоя этим лучом, который модулируют по интенсивности согласно определенному протоколу для создания комбинации двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур в слое.

12. Способ по п. 7, отличающийся тем, что обеспечивают позиционирование слоя при наложении на соседний слой так, чтобы одна или более двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур в первом упомянутом слое согласно протоколу были совмещены с одной или более двумерными электропроводящими и/или полупроводниковыми структурами в соседних слоях, посредством чего формируют один или более вертикальных электропроводящих и полупроводниковых каналов в поперечном направлении через слои.

13. Способ формирования комбинации электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур в составной матрице, содержащей два или более материалов, обеспеченных в пространственно отдельных и однородных структурах материалов, причем материалы в ответ на подачу энергии могут подвергаться определенным физическим и/или химическим изменениям состояния, которые вызывают переход из электрически непроводящего состояния в электрически проводящее и/или полупроводниковое состояние или наоборот или изменение в режиме электрической проводимости материала, при этом структуры материала формируют в форме тонких слоев путем объединения двух или более слоев в слоистую многослойную структуру, которая образует составную матрицу с комбинацией электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур, причем многослойную структуру формируют последовательным осаждением двух или

более слоев в конфигурации стопки на несущей подложке или путем наложения двух или более самоподдерживающихся слоев в конфигурацию стопки, отличающийся тем, что формируют комбинацию двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур в слое после осаждения всех слоев в конфигурацию стопки на подложке или после сложения всех слоев в конфигурацию стопки путем облучения одного или более, но не всех слоев в конфигурации стопки избирательно для формирования электропроводящих и/или полупроводниковых структур в конкретном выбранном слое или слоях без создания реакции в остальных слоях, причем каждый слой облучают излучением с заданной интенсивностью или частотной характеристикой, адаптированным к определенной реакции материала на энергию, обеспечиваемую излучением, и осуществляют пространственную модуляцию в каждом случае согласно определенному протоколу, который представляет заранее определенную конфигурацию электропроводящих и/или полупроводниковых структур в рассматриваемом слое, посредством чего в ответ на энергию, поданную излучением, формируются двумерные электропроводящие и/или полупроводниковые структуры в слое с конфигурацией, заранее определенной протоколом, посредством чего формируют составную матрицу, образованную набором отдельных соседних слоев с двумерными электропроводящими и/или полупроводниковыми структурами для получения комбинации электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур.

14. Способ по п. 13, отличающийся тем, что электромагнитное излучение, используемое для облучения, выбирают из одного или более спектральных диапазонов гамма-излучения, рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения видимого света, инфракрасного или микроволнового излучения.

15. Способ по п. 13, отличающийся тем, что излучение частиц, используемых для облучения, выбирают из одного или более следующих типов частиц: элементарные частицы, включая протоны, нейтроны и электроны; ионы, молекулы и агрегатные частицы материала.

16. Способ по п. 13, отличающийся тем, что пространственную модуляцию излучения осуществляют в плоскости, по существу параллельной слою, посредством маски, шаблон которой выполняют согласно определенному протоколу, причем маска модулирует интенсивность и/или фазу падающего на нее излучения для создания комбинации двумерных электропроводящих, и/или полупроводниковых структур в слое.

17. Способ по п. 13, отличающийся тем, что пространственную модуляцию излучения осуществляют в плоскости, по существу параллельной слою, путем концентрации излучения в луч с размерами, совместимыми с размерами электропроводящих и/или полупроводниковых структур, и осуществляют сканирование структуры материала этим лучом, который модулируют по интенсивности согласно определенному протоколу для

формирования комбинации двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур в слое.

18. Способ по п. 13, отличающийся тем, что один или более слоев для создания электропроводящих и/или полупроводниковых структур выбирают путем облучения выбранного слоя или слоев излучением, имеющим определенные характеристики излучения или заданную мощность, причем выбранный слой или слои сформированы из материала, который реагирует на одну или более характеристик излучения и/или мощность или на их комбинацию.

19. Способ по п. 18, отличающийся тем, что в качестве упомянутых определенных характеристик выбирают интенсивность и/или частоту.

20. Способ по п. 18, отличающийся тем, что один или более слоев для создания электропроводящих и/или полупроводниковых структур выбирают путем облучения электромагнитным излучением на двух или более частотах или в пределах двух или более полос длин волн, так что облучение на данной частоте или в данной полосе длин волн вызывает реакцию в одном или более, но не во всех слоях.

21. Способ по п. 19, отличающийся тем, что предварительно добавляют одну или более присадок, которые имеют спектральное поглощение на заданной частоте или в заданном диапазоне длин волн, в материал в одном или более слоев, чтобы вызвать реакцию на излучение на заданной частоте или в заданном диапазоне длин волн, в результате чего, по меньшей мере, в двух слоях в конфигурации стопки обеспечиваются взаимно различающиеся спектры поглощения.

22. Способ по п. 21, отличающийся тем, что электропроводящие и/или полупроводниковые структуры в слое формируют путем поглощения излучения в присадке или присадках в слое, образующих центры реакции, которые вызывают изменение в удельной электропроводности или режиме проводимости материала слоя.

23. Способ по п. 21, отличающийся тем, что электропроводящие и/или полупроводниковые структуры в слое формируют путем поглощения излучения в присадке или присадках, в результате чего осуществляется нагревание с последующими изменениями в удельной электропроводности или режиме проводимости материала нагреваемого слоя.

24. Способ по п. 13, отличающийся тем, что электропроводящие и/или полупроводниковые структуры формируют в двух или более слоях в позициях, где одна или более из электропроводящих и/или полупроводниковых структур согласно протоколу соответственно формируют один или более вертикальных электропроводящих и/или полупроводниковых каналов в поперечном направлении через слои в конфигурации стопки.

25. Способ по п. 24, отличающийся тем, что согласно протоколу формируют электропроводящие и/или полупроводниковые структуры, которые образуют вертикальный канал через слои в электропроводящем и/или

полупроводниковом соединении с одной или более двумерными электропроводящими и/или полупроводниковыми структурами в этом слое.

26. Способ по п. 25, отличающийся тем, что каждый канал формируют с электропроводностью или режимом проводимости, которая постоянна для различных слоев.

27. Способ по п. 25, отличающийся тем, что каждый канал формируют с электропроводностью или режимом проводимости, которая изменяется от слоя к слою.

28. Способ уничтожения комбинации электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур, сформированных в составной матрице, содержащей два или более материалов, обеспеченных в пространственно отдельных и однородных структурах материалов, причем материалы в ответ на подачу энергии могут подвергаться определенным физическим и/или химическим изменениям состояния, которые вызывают переход из электрически непроводящего состояния в электрически проводящее и/или полупроводниковое состояние или наоборот или изменение в режиме электрической проводимости материала, при этом каждая структура материала содержит сформированную конфигурацию по существу двумерных электропроводящих и/или

полупроводниковых структур, представленных определенным протоколом, причем комбинация электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур может быть сформирована заново в матрице после уничтожения с использованием способа, по любому из пп. 13-27 и согласно другому определенному протоколу для двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур в каждой структуре материала, отличающийся тем, что облучают каждую структуру материала излучением с заданной интенсивностью и/или частотной характеристикой, соответствующим определенной реакции материала на энергию, подаваемую излучением, и осуществляют пространственную модуляцию излучения в каждом случае согласно протоколу, который представляет сформированную конфигурацию электропроводящей и/или полупроводниковой структуры в соответствующей структуре материала, посредством чего в ответ на энергию, поданную излучением, уничтожают двумерные электропроводящие и/или полупроводниковые структуры, присутствующие в структурах материала, согласно протоколу, посредством чего материал структуры материала после этого полностью переходит в электрически непроводящее состояние.

29. Способ по п. 28, отличающийся тем, что электромагнитное излучение, используемое для облучения, выбирают из одного или более из спектральных диапазонов гамма-излучения, рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения, видимого света, инфракрасного или микроволнового излучения.

30. Способ по п. 28, отличающийся тем, что излучение частиц, используемых для облучения, выбирают из одного или более

следующих типов частиц: элементарные частицы, включая протоны, нейтроны и электроны; ионы, молекулы и агрегатные частицы материала.

31. Способ по п. 28, отличающийся тем, что пространственную модуляцию излучения осуществляют в плоскости, по существу параллельной структуре материала, посредством маски, шаблон которой выполняют согласно определенному протоколу, причем маска модулирует интенсивность и/или фазу падающего на нее излучения для разрушения электропроводящих и/или полупроводниковых структур в структуре материала.

32. Способ по п. 28, отличающийся тем, что пространственную модуляцию излучения осуществляют в плоскости, по существу параллельной структуре материала, путем концентрации излучения в луч с размерами, совместимыми с размерами электропроводящих и/или полупроводниковых структур, и обеспечивают сканирование структуры материала этим лучом, который модулируют по интенсивности согласно определенному протоколу для уничтожения электропроводящих и/или полупроводниковых структур в структуре материала.

33. Способ по п. 28, отличающийся тем, что структуры материала в матрице формируют тонкими слоями в конфигурации стопки, при этом избирательно облучают один или более, но не каждый слой в конфигурации стопки для уничтожения электропроводящих и/или полупроводниковых структур в конкретном выбранном слое или слоях, без создания реакции в остальных слоях.

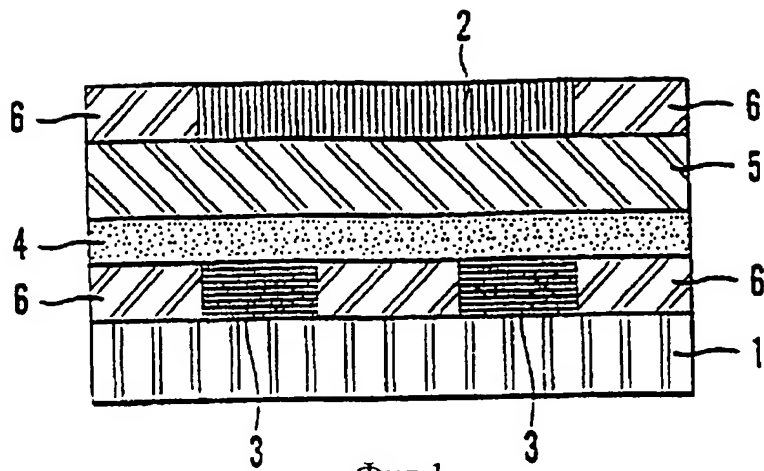
34. Способ по п. 33, отличающийся тем, что один или более слоев для разрушения электропроводящих и/или полупроводниковых структур выбирают путем облучения выбранного слоя или слоев излучением, имеющим определенные характеристики излучения или заданную мощность, причем выбранный слой или слои формируют из материала, который реагирует на одну или более из характеристик излучения и/или мощность или на их

комбинацию.

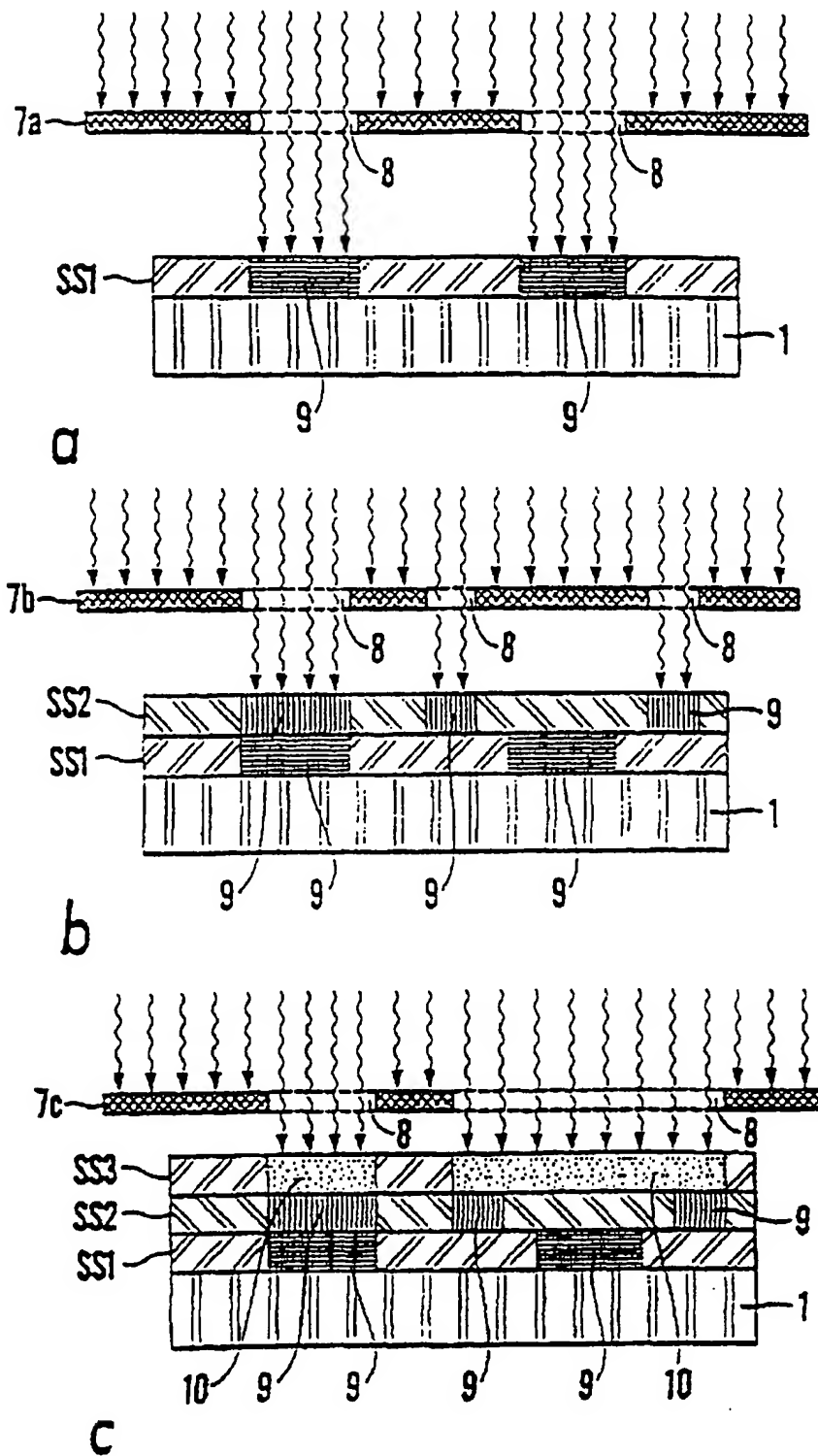
35. Способ полного уничтожения комбинации электрически проводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур в составной матрице, содержащей два или более материалов, обеспеченных в пространственно отдельных и однородных структурах материалов, причем материалы в ответ на подачу энергии могут подвергаться физическим и/или химическим изменениям состояния, которые вызывают переход из электрически непроводящего состояния в электрически проводящие и/или полупроводниковое состояние или наоборот и/или изменение в режиме электрической проводимости материала, при этом комбинация электропроводящих и/или полупроводниковых трехмерных структур в измерениях может быть сформирована заново в матрице после уничтожения с использованием способа по любому из пп. 13-27 и согласно другому определенному протоколу для двумерных электропроводящих и/или полупроводниковых структур в каждой структуре материалов, отличающийся тем, что облучают матрицу глобально излучением с заданной интенсивностью и/или частотной характеристикой, соответствующим определенной реакции материала на энергию, обеспечиваемую излучением до тех пор, пока материал в матрице в ответ на энергию, поданную облучением, полностью не перейдет в электрически непроводящее состояние.

36. Способ по п. 35, отличающийся тем, что электромагнитное излучение, используемое для облучения, выбирают из одного или более из спектральных диапазонов гамма-излучения, рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения, видимого света, инфракрасного или микроволнового излучения.

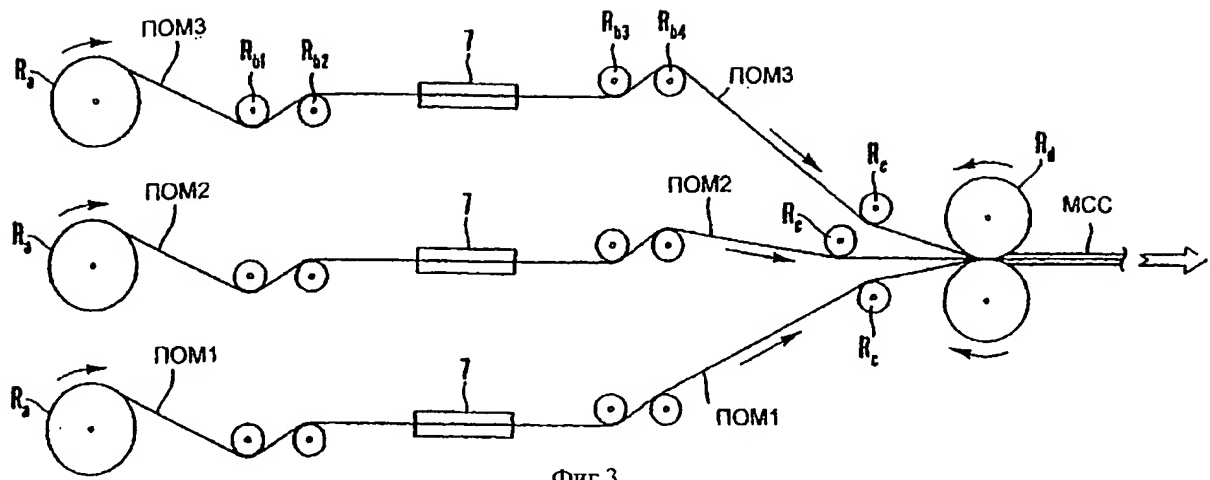
37. Способ по п. 35, отличающийся тем, что излучение частиц, используемых для облучения, выбирают из одного или более следующих типов частиц: элементарные частицы, включая протоны, нейтроны и электроны; ионы, молекулы и агрегатные частицы материала.



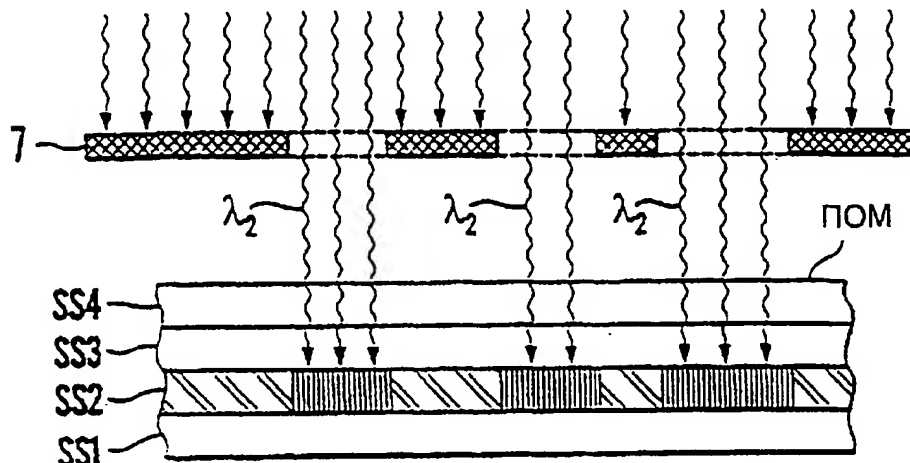
Фиг.1



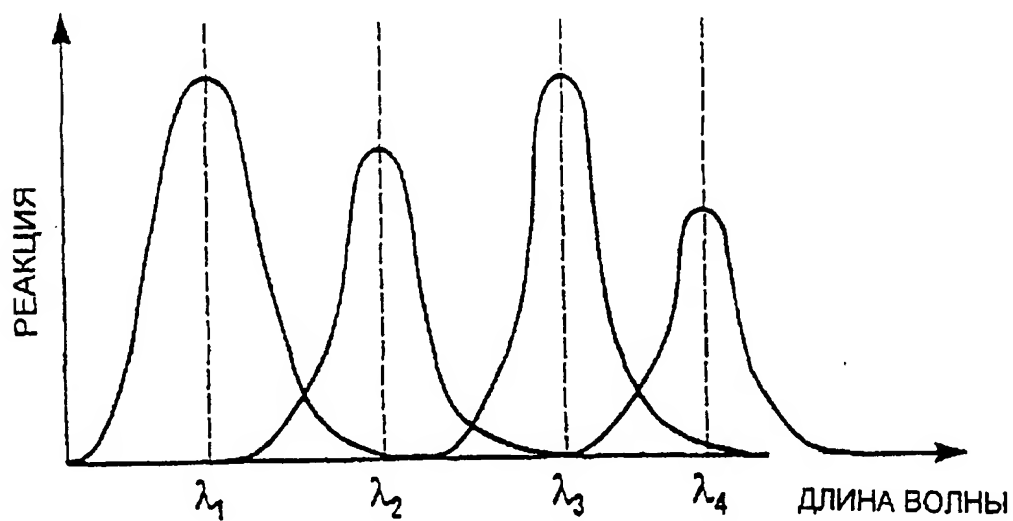
Фиг.2



Фиг.3

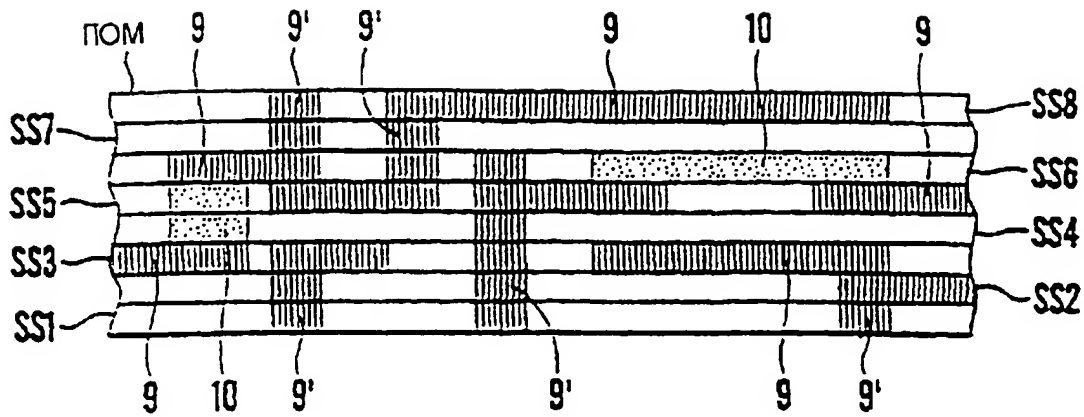


a



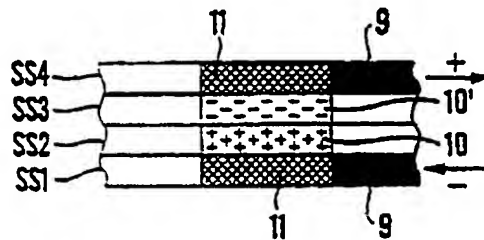
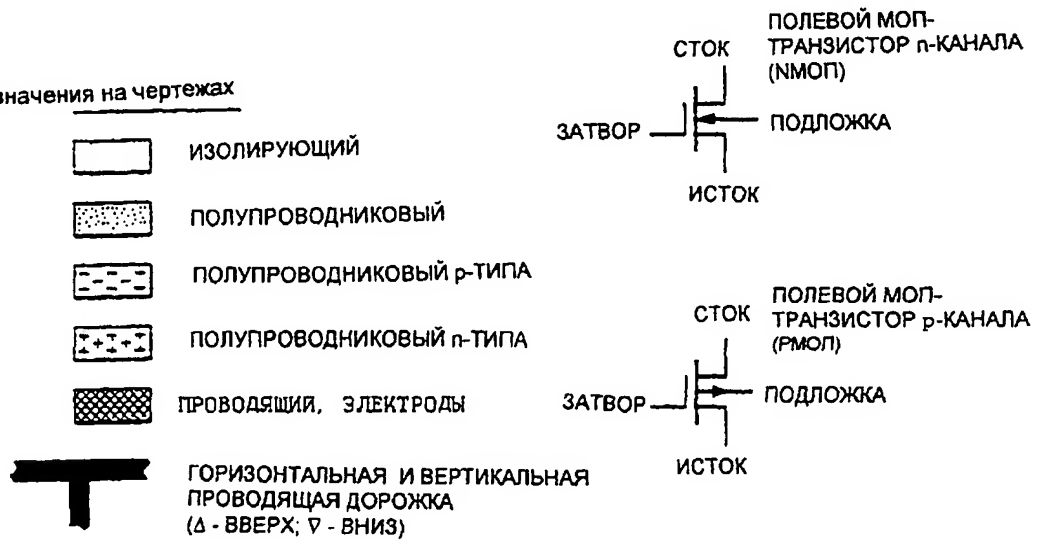
b

Фиг.4

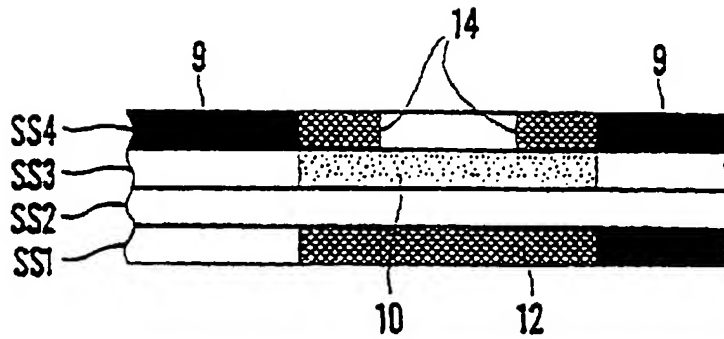


Фиг.5

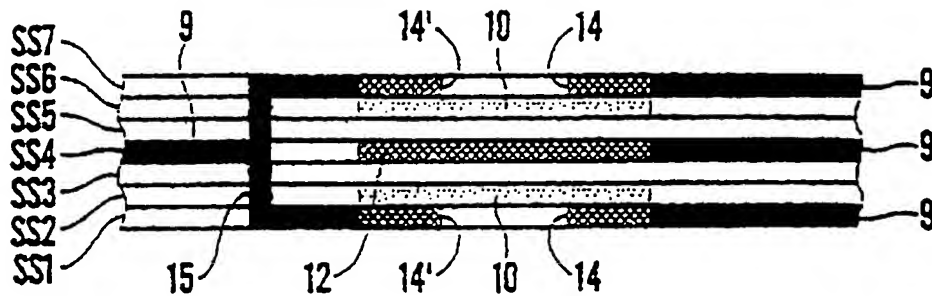
Условные обозначения на чертежах



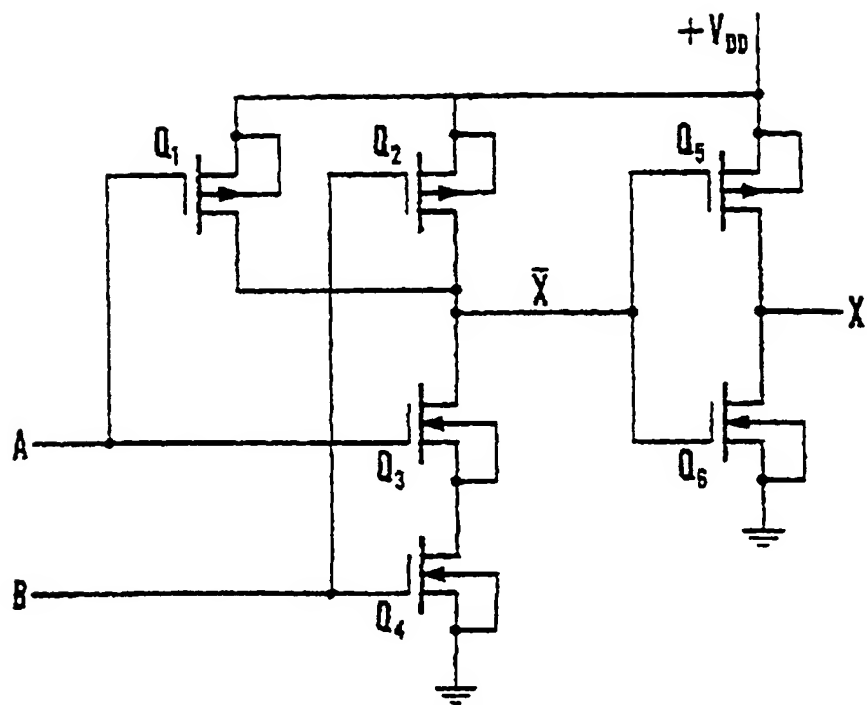
Фиг.6



Фиг.7



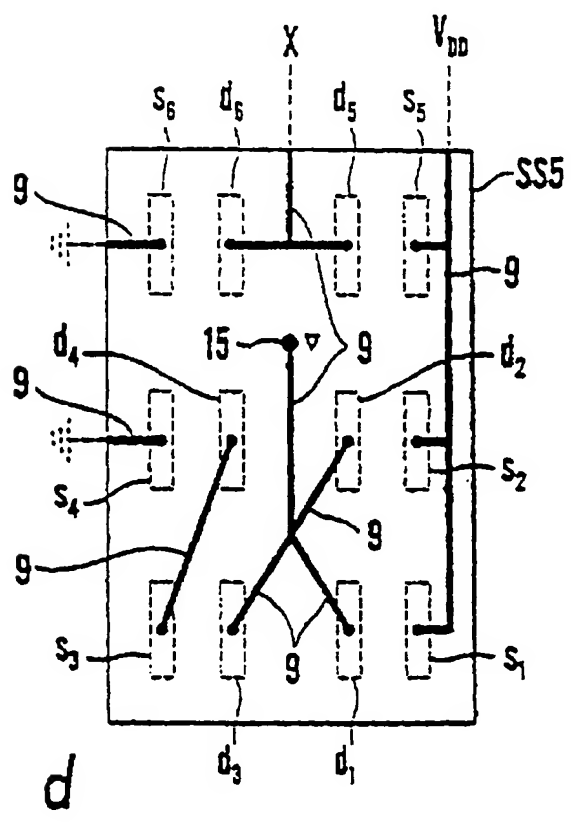
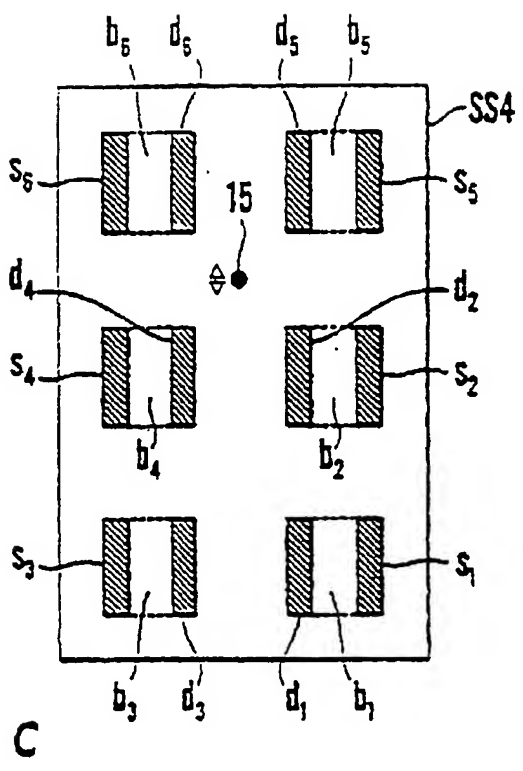
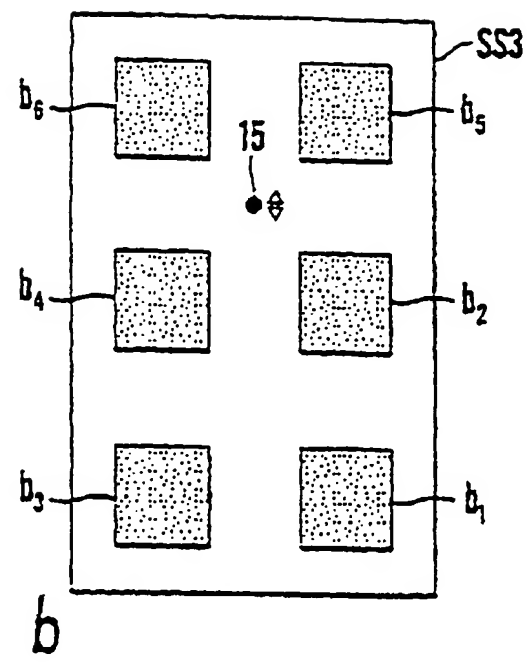
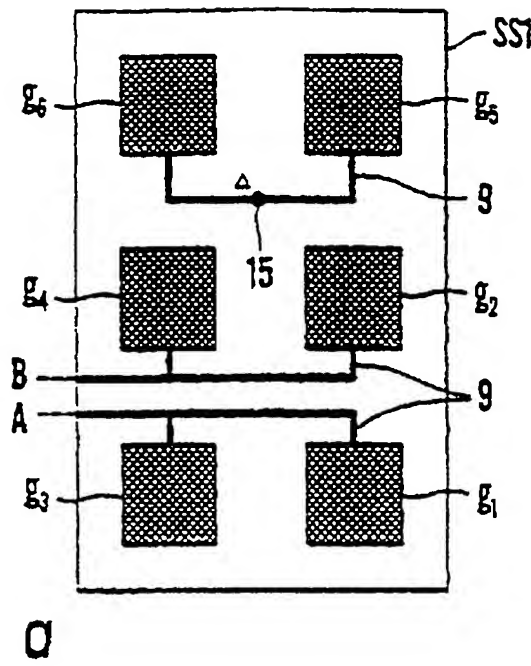
Фиг.8



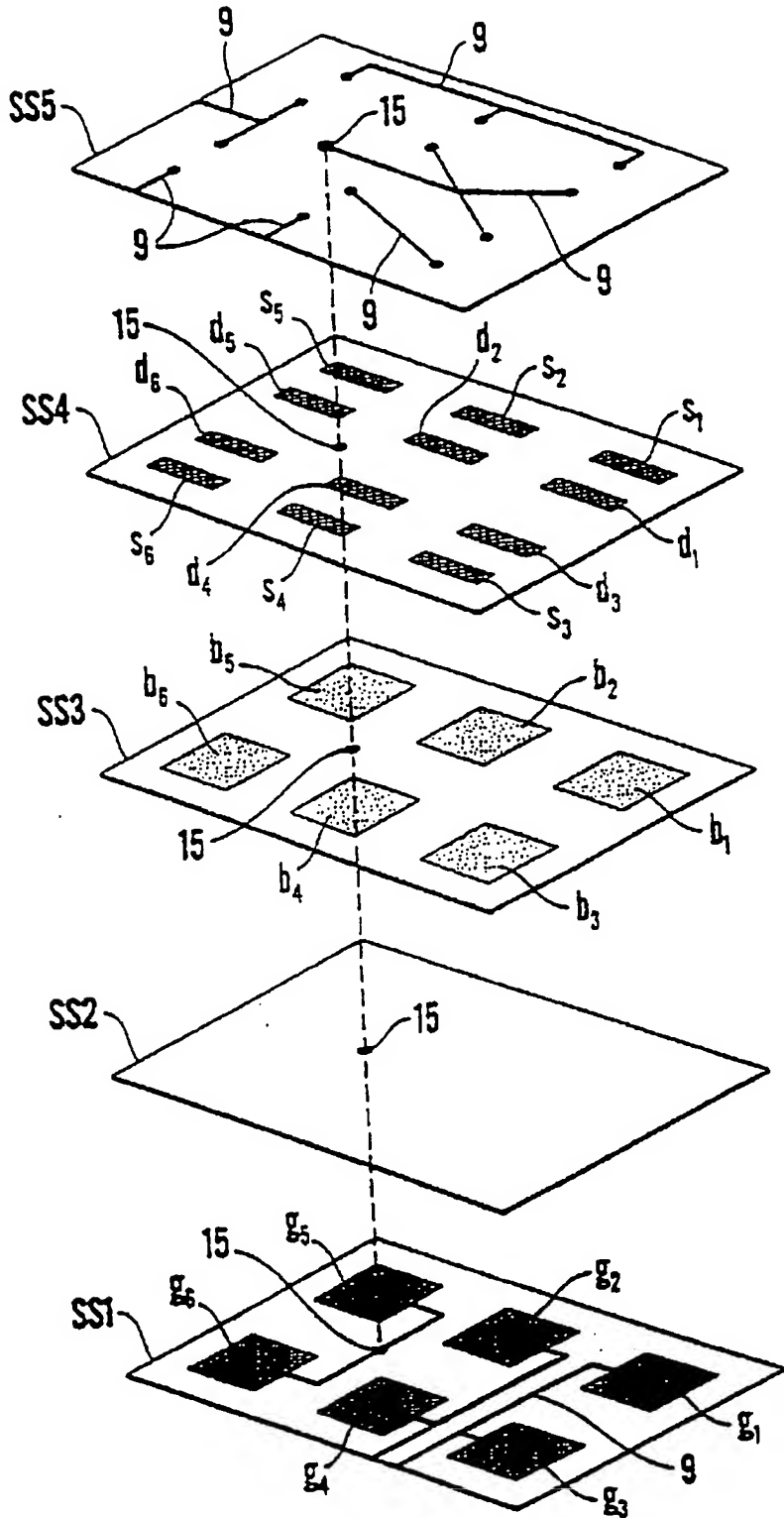
Фиг.9

RU 2183882 C2

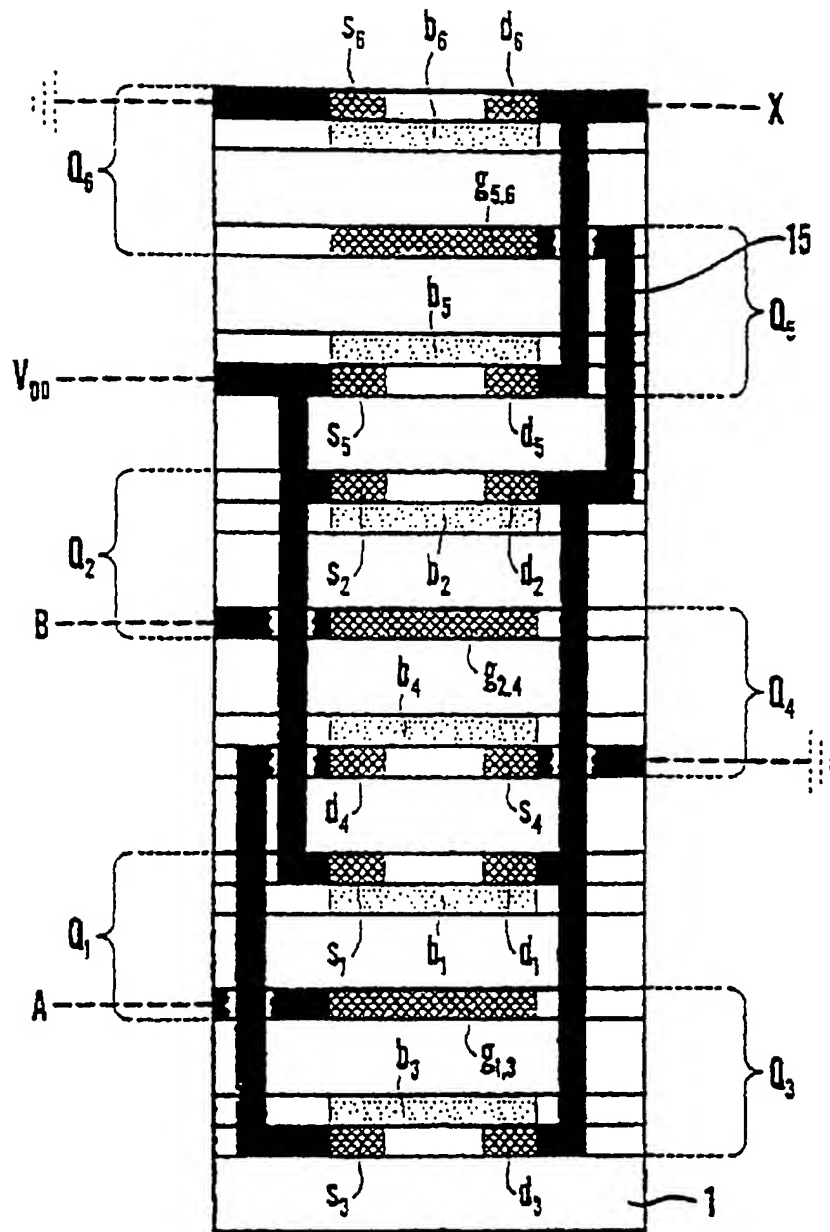
RU 2183882 C2



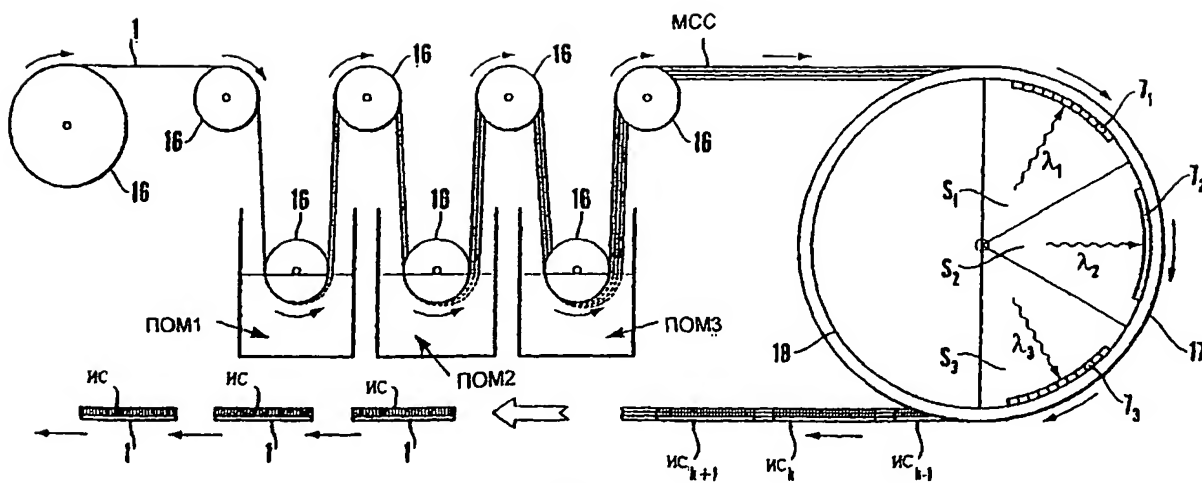
Фиг.10



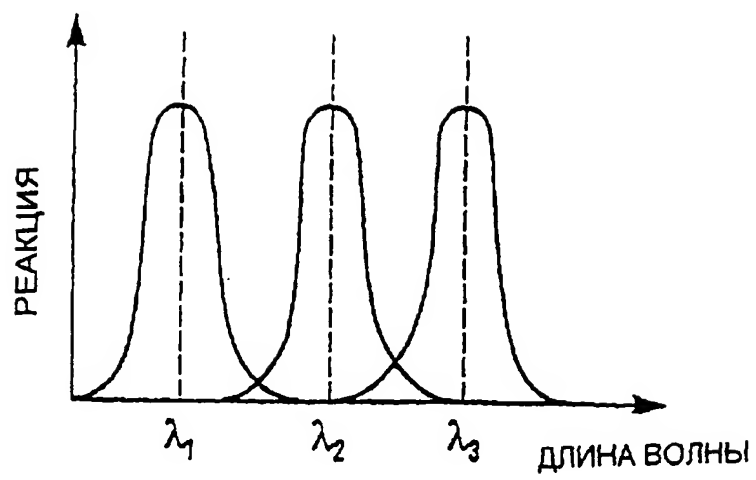
Фиг.11



Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14

RU 2 1 8 3 8 8 2 C 2

RU 2 1 8 3 8 8 2 C 2